



Alternative Antriebe im Busverkehr

Umweltausschuss Rhein-Sieg-Kreis 01.02.2018

Dr. Frank-Michael Baumann, EnergieAgentur.NRW

Die EnergieAgentur.NRW

Dienstleister für die Energie- und Klimaschutzpolitik des Landes NRW



Operative Plattform des Landes NRW
mit breiter Kompetenz im Energiebereich:

- Energieforschung
- technischen Entwicklung
- Demonstration bis Markteinführung
- Energieberatung
- Know-how-Transfer
- Öffentlichkeitsarbeit

Die EnergieAgentur.NRW

Operative Plattform des Landes NRW mit breiter Kompetenz im Energiebereich* (strukturiert in über zehn Netzwerken z.B. Biomasse, Photovoltaik)



Netzwerk Kraftstoffe und Antriebe der Zukunft

gegr. 2005, derzeit 200 aktive Partner / 4.000 personalisierte Adressen

Themenfelder / Projekte:

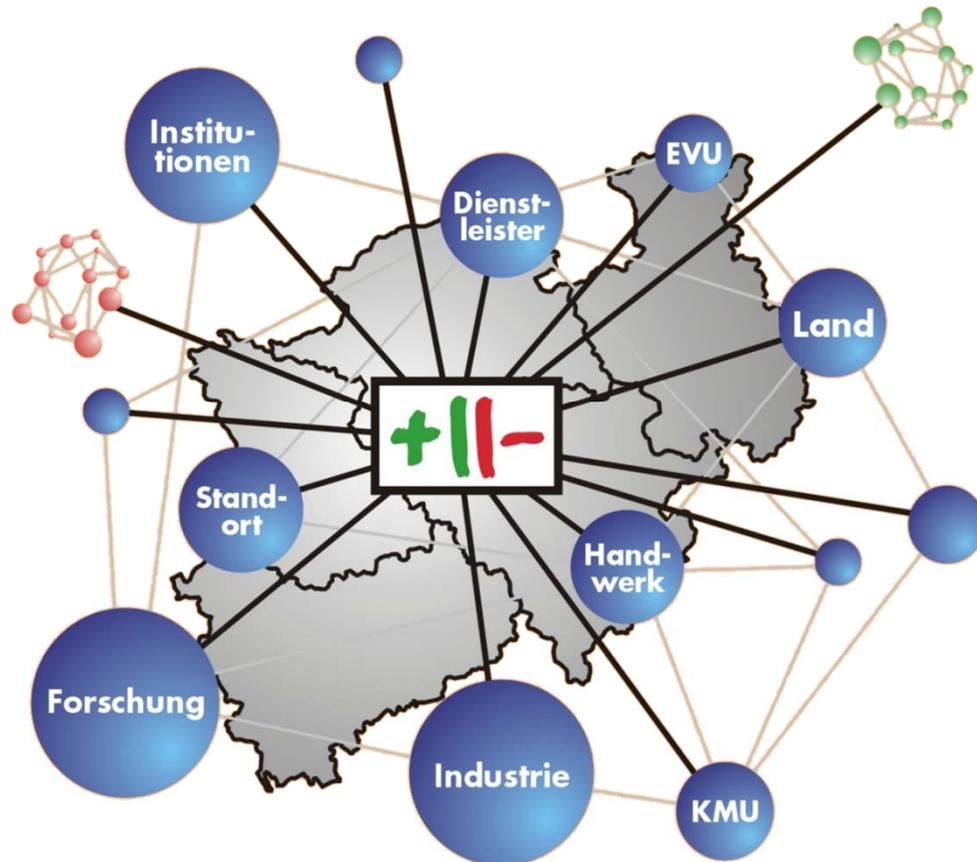
- Energieeffiziente Antriebe
- Neue Kraftstoffe
- Technische Infrastruktur
- Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie

Anwendungsbereiche:

- Straße (Pkw, leichte und schwere Nutzfahrzeuge, Busse, Off Road-Anwendungen (z. B. Landwirtschaft))
- Schiene, Luft-, Schifffahrt
- Internationale Kooperationen

* <http://www.energieagentur.nrw/eanrw/ea/ueber-uns/>

Netzwerk Brennstoffzelle und Wasserstoff, Elektromobilität (NBWE)



- Gegründet im April 2000 als Netzwerk Brennstoffzelle und Wasserstoff
- **Seit 03/17 Integration der seit 2009 laufenden Aktivitäten der Projektleitstelle Elektromobilität NRW**
- 450 Mitglieder (H2/BZ) und 100 Projektpartner (Emob)
- Elektromobilität: 60 Projekte mit einem Fördervolumen von ca. 60 Mio. € bei über 100 Mio. € Gesamtinvest
- H2/BZ: 125 Projekte mit einem Fördervolumen von ca. 145 Mio. € bei 230 Mio. € Gesamtinvest

Mögliche Einsatzbereiche alternativer Kraftstoffe

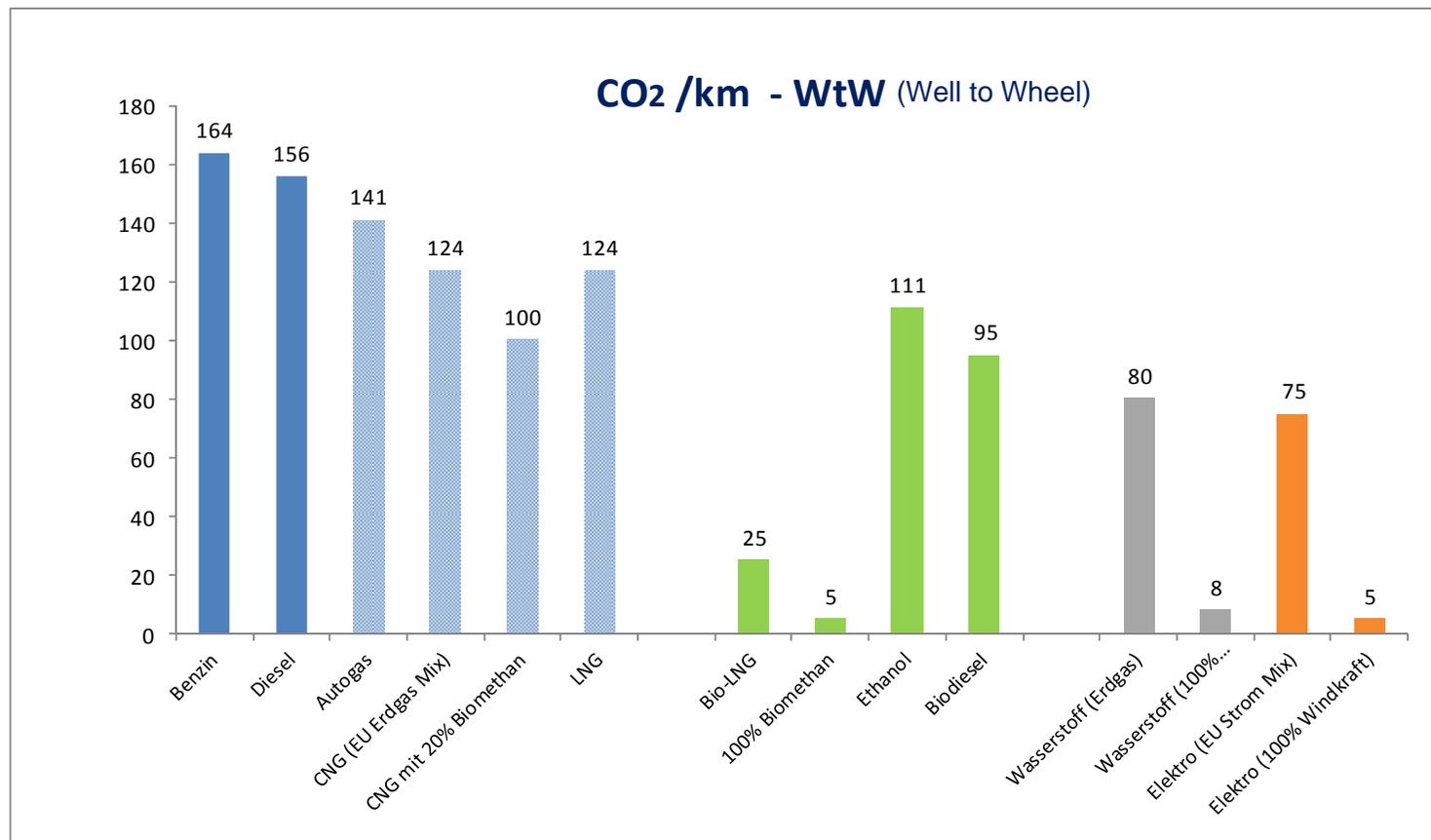
Technische Infrastruktur (Umsetzung der Richtlinie 2014/94/EU)		 innerorts	 außerorts	 Busse	 Schwere Nutzfahrzeuge	 Schiff	 Flugzeug	 Bahn	Energieeffizienz
	Strom 								
CNG 									
LPG 									
LNG 									
Biokraftstoffe/ synthetische Kraftstoffe 									
Wasserstoff 									

 geeignet  bedingt geeignet  noch im Entwicklungsstadium, F&E Bedarf

<http://www.energieagentur.nrw/mobilitaet>

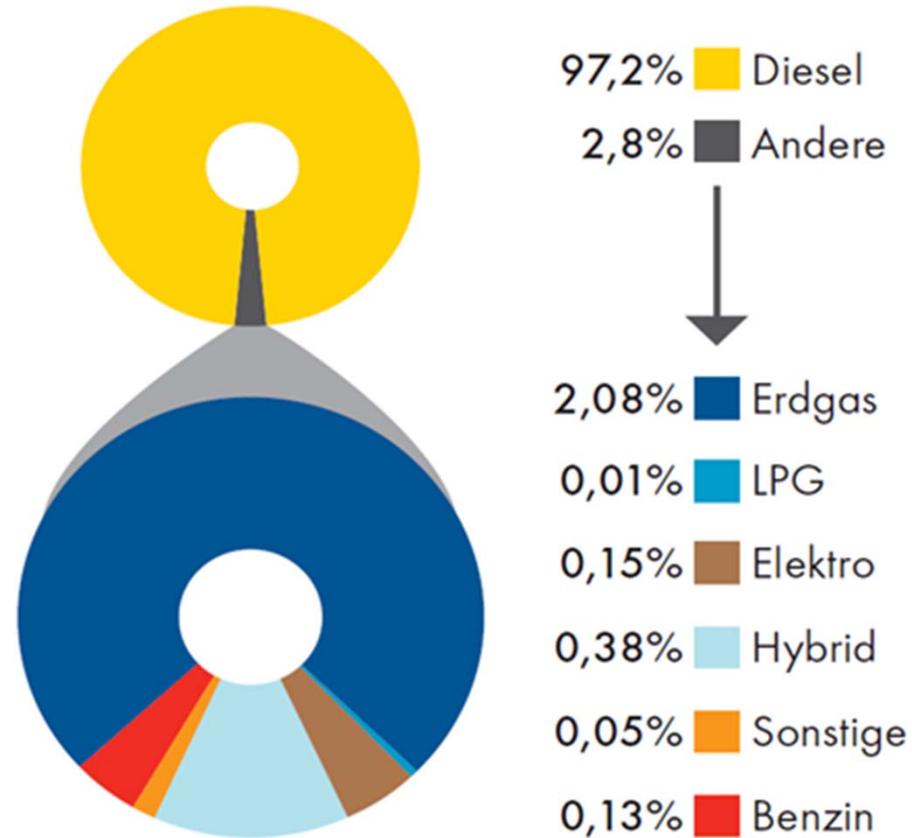
Umweltbilanz alternativer Kraftstoffe

Die CO₂-Emissionen der Pkw-Flotte betrug 2015 im Durchschnitt 128,8 g/km (2014:132,8 g/km).



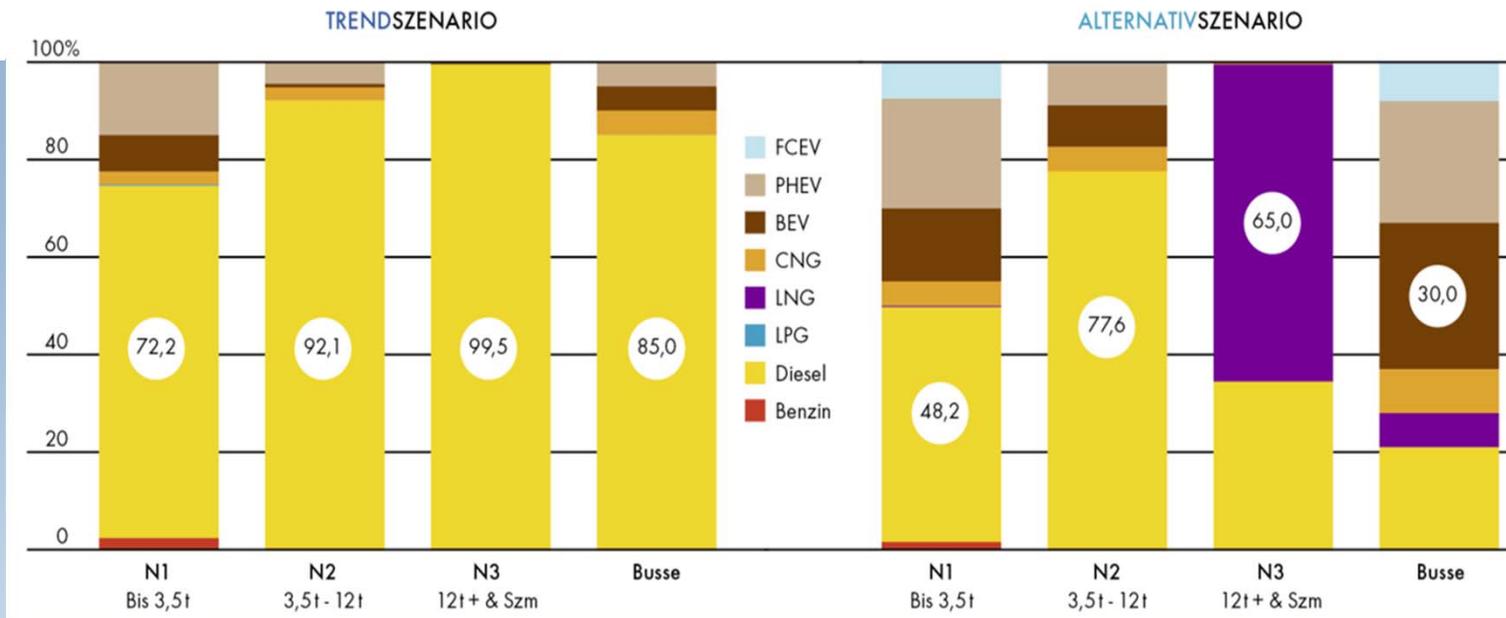
Quelle: eigene Darstellung nach Dena Studie 2011 und Studie Oxford Institute for Energie, 2014, OI ES Paper : NG 84

Kraftstoffarten im Bus-Bestand (2015)



Quelle: Shell 2016/ KBA

Szenarien: Neuzulassungen LKW / Busse 2040 (nach Antrieben)



Trendszenario: Alternative Antriebe bleiben eher Ausnahme. Größtes Potenzial bei leichten Nfz durch stärkere Elektrifizierung und Hybridisierung

Alternativszenario: Deutlich veränderter Antriebsmix in allen Fahrzeugklassen.

Leichte Nfz/Busse: 1/3 elektrifiziert

Schwere Lkw: 45 % LNG

Quelle: Shell

Optionen zur Umstellung der Busflotte in Hinblick auf Luftschadstoffe (Nox und Feinstaub)

- Umstellung auf Euro VI
- Umrüstung auf modernste Abgastechnologie
- Erdgas / Biomethan als Kraftstoff
- Elektrobus / Hybridbus
- Brennstoffzellenbus



Umstellung auf Euro VI: Beispiel Rheinbahn Düsseldorf

- Die Rheinbahn investiert über 70 Millionen Euro in den kommenden vier Jahren zur Erneuerung der Busflotte (Quelle: Rheinbahn 2017).

Maßnahmen sind:

- Ersatz von 80 Solobussen in den Jahren 2017 bis 2019 durch Leichtbaubusse mit der Abgasnorm Euro VI
- 74 neue Gelenkbusse mit der Euro-VI-Norm kommen ab April 2018; hier ist eine Option für weitere 40 Busse für die darauffolgenden zwei Jahre enthalten
- Beschaffung von 10 elektrisch angetriebenen Bussen im Jahr 2019 und fahrplanmäßiger Einsatz auf den Linien in der Innenstadt weitere 10 E-Busse werden im Jahr 2021 in Betrieb gehen.
- Ende 2019 wird es bei der Rheinbahn nur noch Busse den Abgasnormen EEV (besser als Euro V), Euro VI oder mit Elektroantrieb geben. Damit wird der Anteil an den NO_x-Belastungen in der Düsseldorfer Innenstadt von derzeit 14 Prozent auf dann rund zwei Prozent gesenkt.

Umrüstung: Beispiel PaderSprinter, Paderborn

- Ziel: Umrüstung von 15 Fahrzeugen von Euro V / EEV auf Euro VI Standard. 2018 weitere 14 Busse
- SCR-Katalysator mit Harnstoffeinspritzung (Additiv AdBlue)
- Kosten: ca. 20.000 € *
- Ergebnis: Reduzierung der NOx-Emissionen auf 0,1 g/km. Zum Vergleich: Diesel-Neufahrzeuge stoßen 0,3 bis 0,4 g/km aus.
- Messungen erfolgen im Realbetrieb
- Umrüster: Bluekat Technologie GmbH (Deutsche Niederlassung in Neustadt / Wied)
- Begleitforschung: Hochschule Landshut, Prof. Ralph Pütz



Quelle: Padersprinter.de

Erdgasbusse mit Biomethan

- Die Stadtverkehr Euskirchen GmbH plant die Umstellung von ca. 15 Bussen auf 100 %-Biomethan-Antrieb bis zum Jahr 2019.
- Im Jahr 2015 lag der Anteil von Biomethan am Erdgasabsatz für Erdgasfahrzeuge (als Kraftstoff) bei ca. 20 Prozent. Damit ist Erdgas die Kraftstoffoption mit dem höchsten Anteil regenerativer Komponenten.
- Der Einsatz von Erdgas (mit derzeitiger durchschnittlicher 20%iger Biomethan-Beimischung) spart im Vergleich zum Diesel (Euro 6) ca. 23 % und im Vergleich zum Benzin-Motor ca. 35 % CO₂-Emissionen ein. Stickoxid- und Feinstaubemissionen werden deutlich gesenkt.
- Perspektivisch kann synthetisches Erdgas (Power-to-Gas-Produkt Methan) aus Überschussstrom mit einem hohen THG-Reduktionspotential eingesetzt werden.



Elektrobus: Beispiel Kölner Verkehrsbetriebe (KVB)

- Einsatz von acht Elektro-Bussen auf der Linie 133
- Anschaffungskosten der Busse: 5,6 Mio. Euro.
- Einsparung an CO₂: rund 520 Tonnen im Jahr.
- Bis 2021 sollen sechs weitere Linien umgestellt werden.
- Reichweite: 90 Kilometer, in der Praxis werden nur 45 Kilometer ohne Nachladung benötigt, um das Ladevolumen der Batterien nicht unter 30 Prozent abzusenken.
- Im Normalfall werden die E-Busse jeweils an den beiden Endhaltestellen der Linie 133 nachgeladen, also stets nach rund sieben Kilometern.
- Auf dem Betriebshof Nord der KVB erfolgt nachts die vollständige Nachladung.
- Das Projekt ist der Einstieg der Rhein-Energie in die DC-Schnellladetechnik mit Leistungen von 50 bis 240 Kilowatt (kW).



Quelle: Ksta.de

Elektrobus: Beispiel Stadtwerke Bonn (SWB)

- Im Rahmen des von der Europäischen Union geförderten ZeEUS-Projektes (Zero Emission Urban Bus Systems) sind bereits seit Ende April 2016 sechs eigene SWB-Elektrobusse in den dauerhaften Linieneinsatz gestartet.
- SWB Bus und Bahn setzt auf Elektrobusse mit hoher Reichweite. Deshalb kann in Bonn auf Zwischenladungen im Streckennetz verzichtet werden. Die Batterien werden nur nachts an Ladestationen auf dem Betriebshof Friesdorf geladen. Dies lässt einen flexiblen Einsatz der SWB-Elektrobusse zu.
- Mit der nutzbaren Batteriekapazität von 230 KWh wird eine Reichweite von mehr als 200 km erzielt.
- Ob in diesem Jahr allerdings Dieselfahrzeuge oder E-Busse gekauft werden, werden die Stadtwerke mit dem Aufsichtsrat noch entscheiden. „Grundsätzlich kommen die E-Busse positiv bei den Fahrgästen an...“, erläutert Herr Henseler (SWB). „Die Verfügbarkeit müsse aber noch verbessert werden. So reduziere sich in den Wintermonaten die Leistung der Batterie.“
- Die Busse der SWB werden derzeit in Zusammenarbeit mit dem Hersteller Sileo in der Werkshalle in Salzgitter nachgerüstet, um ihre Einsatzzeiten zu erhöhen.

Quelle: swb-busundbahn.de

Ladekonzepte für Batteriebusse

- Depotladung:
 - Laden der Busse über Nacht im Depot.
 - Bewältigung der Tagesfahrleistung ohne weiteres Laden
 - Flexible Einsatzmöglichkeit
- Zwischenladen an Haltestellen
 - Schnellladen an Haltestellen während der Warte-/Wendezeit
 - Zusätzlich Laden über Nacht im Depot möglich
 - Pantographen und induktive Systeme an den Haltestellen
 - Gebunden an Einsatz auf Linien mit Lademöglichkeiten
- Oberleitungen
 - Laden der Batterien während der Fahrt unter Oberleitungen
 - Reiner Batteriebetrieb außerhalb des Oberleitungsnetzes

E-Bus-Projekte Ein Überblick



Quelle: <https://www.vdv.de/ebus-projekt.aspx>

Eigenschaften von Brennstoffzellenbussen



Hohe Umweltverträglichkeit und Komfort

... dank niedriger Lärmemission und null Schadstoffen



Volle Routenflexibilität

... da nicht an eine Ladeinfrastruktur entlang der Route gebunden



Hohe tägliche Reichweiten

... von durchschnittlich 350 km ohne Nachtanken



Schnelles Betanken

... in rund 7 Minuten möglich – auch mehrmals am Tag, Verbrauch ca. 10 kg H₂/100 \cong 33 L Diesel



Gleiche Performance im Winter... dank Nutzung der Abwärme der Brennstoffzelle



Hoher technologischer Reifegrad

... mit 10 Jahren und 5,5 Mio km Erfahrung in Europa

Projekt JIVE

Joint Initiative for Hydrogen Vehicles across Europe



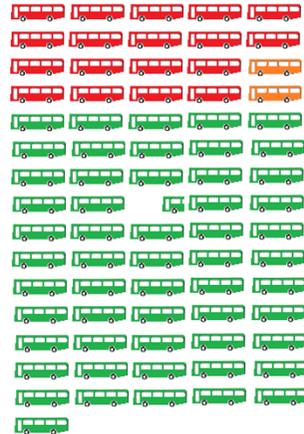
FUEL CELLS AND HYDROGEN
JOINT UNDERTAKING

Ziele

- Einsatz von 139 Brennstoffzellenbussen in 9 Städten
- Errichtung von 3 Bustankstellen
- Ziele:
 - 30 % Kostenreduktion durch gem. Lastenheft
 - 90 % Verfügbarkeit von Bussen und 100 % von Tankstellen
- Beweis der technologischen Reife von Bz-Bussen
- Unterstützung der weiteren Markteinführung



UK – 56 Busse



Italien – 12 Busse



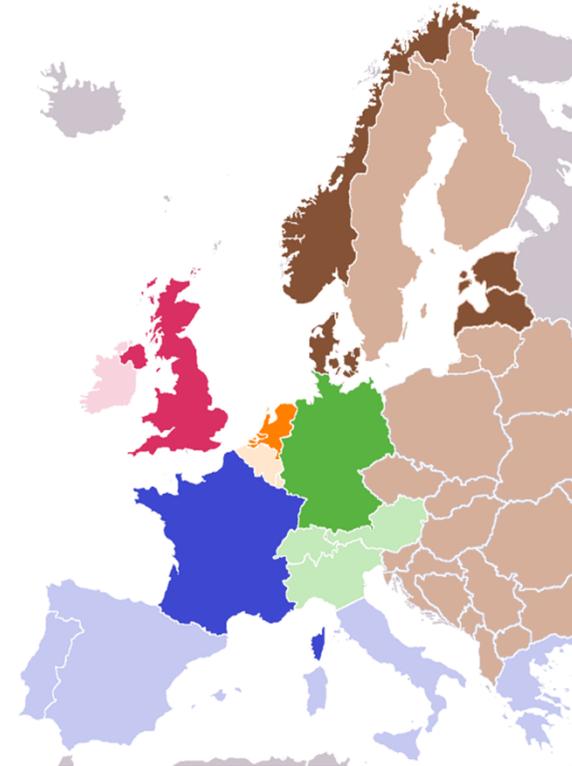
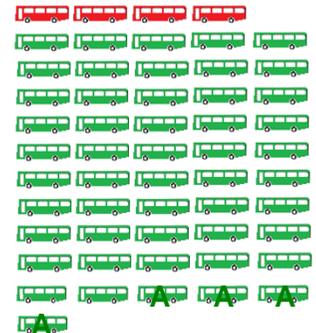
Dänemark – 10 Busse



Lettland – 10 Busse



Deutschland – 51 Busse

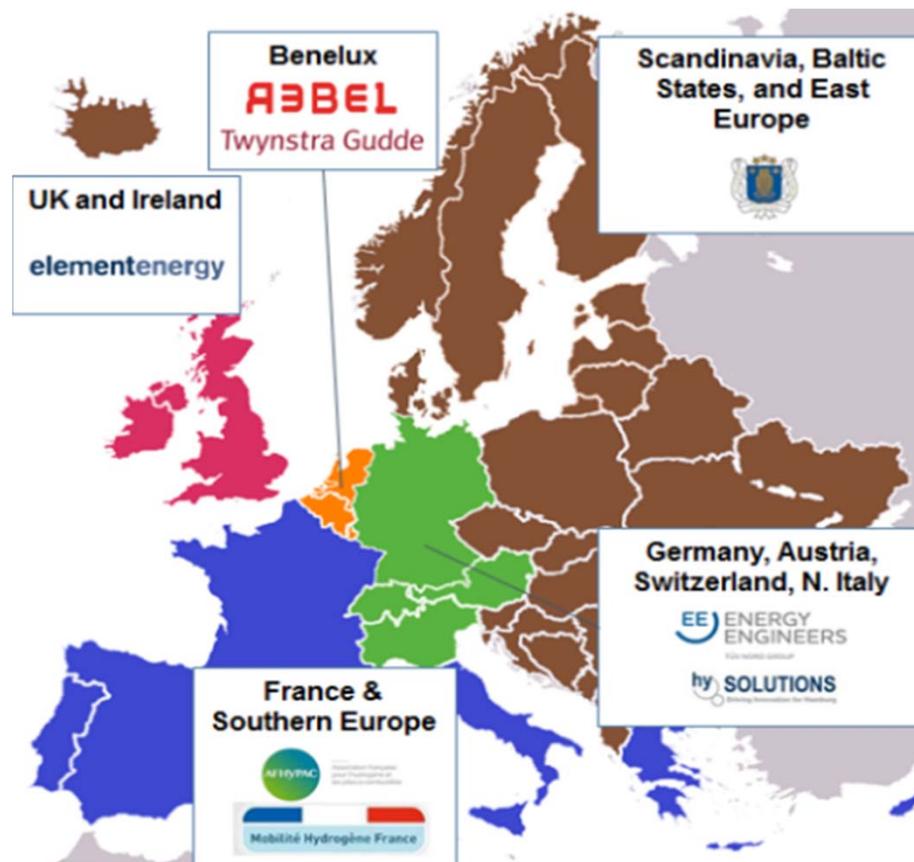


Fuel cell buses in cities participating in JIVE

- Current FC buses
- Future FC buses (other projects)
- Future FC buses (Project JIVE)
- Articulated bus (Project JIVE)

Laufzeit 2017-2022, Budget 106 Mio. € EU-Förderung 32 Mio. € 22 Partner aus D: RVK 30 Busse, WSW 10 Busse, Rhein-Main (3 Betriebe) 11 Busse

Gründung nationaler Bz Bus-Cluster



Aktuelle Mitglieder im deutschen Cluster:

- Hochbahn Hamburg
- Vi Potsdam
- SW Münster
- Wuppertaler Stadtwerke
- VRR
- RVK Hürth
- Rheinbahn Düsseldorf
- moBiel Bielefeld
- Ruhrbahn Essen
- MVG Mainz
- ESWE Wiesbaden
- Trafiq Frankfurt
- Stuttgarter SB
- Bozen, Bruneck, Rovereto (Italien)
- Innsbruck (Österreich)

Deutsche Koordinatoren (bei Interesse an Mitarbeit bitte melden):

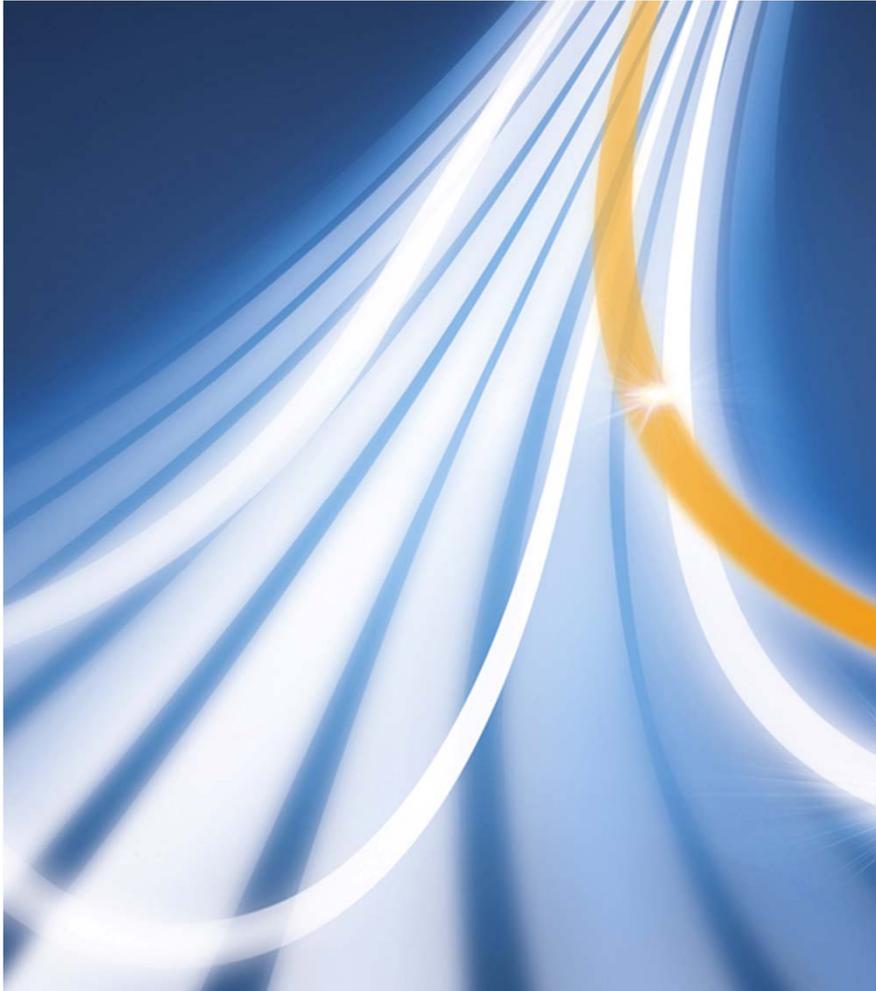
Heinrich Klingenberg, hySOLUTIONS heinrich.klingenberg@hysolutions-hamburg.de

Dr. Frank Koch, EE Energy Engineers GmbH: koch@energy-engineers.de

Fazit

- Der Trend geht zu einer Diversifizierung bei den Kraftstoffen und Antrieben in Abhängigkeit von den regionalen Gegebenheiten (Linienführung, Energieversorgung regenerativ)
- Es gibt schon heute vorhandene Technologien für Klimaschutz und Schadstoffreduktion
- Aufgrund der aktuellen EU Vorgaben zur Einhaltung der Grenzwerte, insbesondere bei NOx, sind kurzfristig greifende Maßnahmen erforderlich.





Herr Dr. Frank-Michael Baumann
Geschäftsführung,
Manager des Clusters Energiewirtschaft.NRW

EnergieAgentur.NRW
Roßstraße 92
40476 Düsseldorf

Telefon: 0211 8664211, 0209 1672801

E-Mail: baumann@energieagentur.nrw



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung

Elektrobus: Beispiel Aachener Straßenbahn und Energieversorgungs-AG (ASEAG)

- Die Flotte der ASEAG besteht derzeit noch aus über 200 eigenen Bussen, 15 Elektrobusse werden in den Jahren 2017 und 2018 neu hinzukommen. Ein Elektro-Niederflurgelenkbus der Firma Sileo aus Salzgitter ist im Januar 2017 in Betrieb genommen worden.
- Die Anschaffungskosten für die neuen Fahrzeuge betragen rund 650.000 Euro pro Elektro-Niederflurgelenkbus und rund 850.000 Euro für den Elektro-Doppelgelenkbus.
- Im Januar 2016 hat der Mobilitätsausschuss einstimmig ein Umsetzungs- und Finanzierungskonzept beschlossen, um den öffentlichen Personen-Nahverkehr (ÖPNV) mittelfristig von konventionellen Dieselantrieben auf elektrische Antriebe umzustellen. Ziel ist, die Schadstoff- und Treibhausgas-Emissionen zu reduzieren sowie den Lärmpegel in der Stadt zu senken.
- Die Ladeinfrastruktur auf dem Betriebsgelände der ASEAG befindet sich im Aufbau.



Quelle: aachen.de

Exkurs: LKW Flotte eines Naturkost-Großhändlers (Bodan aus Überlingen) mit einem Kraftstoffmix

These: Unterschiedliche Antriebe für unterschiedliche Aufgaben

Fahrzeuge

- 2 Hybrid-Lkw von Scania (G-Baureihe, 320 PS)
- 1 LNG-Lkw von Iveco (Natural Power, 400 PS)
- 2 CNG-Lkw von Scania (G-Baureihe, 320 PS)

Kühlaggregate

- 8 Aggregate mit CO₂-Kühlung (Cryotec-Technologie) von Thermoking

Kraftstoffe

- Einsatz von Hydrogenated Vegetable Oils (HVO). Tool Fuel ist der Lieferant des Kraftstoffs (Markenname: C.A.R.E), der aus hydrierten Produktionsabfällen und Pflanzenölen gewonnen wird