

## **Elektrobusse – Umstellungskonzepte und Marktüberblick**

**Abschluss Symposium der Begleitforschung „Innovative Antriebe im straßengebundenen ÖPNV“**

23. September 2021

# Elektrobusse – Marktüberblick und Umstellungskonzepte | Agenda

1 Motivation

2 Auswertung der geförderten Elektromobilitätskonzepte mit ÖPNV-Bezug

3 Marktverfügbarkeit Fahrzeuge und Infrastruktur

1

## Motivation

## Förderrichtlinie Elektromobilität vom 05.12.2017

*„Gefördert wird die Erstellung von Umweltstudien nach Abschnitt 7 Artikel 49 AGVO.*

*Die Studien sollen **technische Eignung, Wirtschaftlichkeit und Umweltnutzen** von Maßnahmen zur gesamtsystemischen Integration der Elektromobilität in kommunale oder regionale Nachhaltigkeitsinitiativen bzw. -konzepte zum Inhalt haben.“* [FRL Elektromobilität, Abs. 2.1.2]

## Neue Herausforderungen bei Elektrobuseinsatz

- » Geeignete Systemkonfiguration: Antriebskonzept, Lade-/Tankkonzept, Lade-/Tankinfrastruktur?
- » Zusätzlicher Bedarf an Spezialwerkzeugen und Mitarbeiterschulungen?
- » Investitions- und Betriebskostenbedarf?
- » Ökologische Vorteile?
- » Betrieblicher Anpassungsbedarf?
- » Planerische Erfordernisse?

## Elektromobilitätskonzepte

- » Definieren und Bewerten von Technologiealternativen
- » Untersuchung der **technischen-betrieblichen Machbarkeit**
- » Wirtschaftliche und ökologische Bewertung
- » Ermitteln der geeignetsten Technologiealternative
- » Aufzeigen von Chancen und Risiken bei Umsetzung
- » Umstellungsplan

2

Auswertung der geförderten Elektromobilitätskonzepte mit ÖPNV-Bezug

## Geförderte Elektromobilitätskonzepte

- » 21 geförderte E-Konzepte mit ÖPNV-Bezug
- » Ausgewertet wurden:
  - » 5 E-Konzepte mit Schwerpunkt ÖPNV
  - » 5 E-Konzepte mit Teilbereich ÖPNV
- » Untersuchungsgegenstand sind E-Konzepte der:
  - » Duisburger Verkehrsgesellschaft AG
  - » Offenbacher Verkehrs-Betriebe
  - » Leipziger Verkehrsbetriebe
  - » Stadt Ingelheim am Rhein
  - » westVerkehr



# Auswertung der Elektromobilitätskonzepte hinsichtlich:

- » 1. Status Quo der Elektrifizierung im ÖPNV 2017-2019
- » 2. Zweckmäßige Systemkonfigurationen und Betriebskonzepte
- » 3. Umsetzungsstrategie für Flottenumstellung
- » 4. Markthochlauf der Elektrifizierung im ÖPNV
- » 5. Motivationsfaktoren, Hemmnisse und Herausforderungen beim Übergang eines dieselbasierten innerstädtischen ÖPNV hin zu alternativ angetriebenen Bussen





# Schwerpunktt Themen der Auswertung

- » Wissensbasis
- » Untersuchungsumfang
- » Ergebniserwartung
- » Favorisierte Systemkonfiguration
- » Betriebliche Anpassungen
- » Systementscheidung
- » Umsetzungsplan
- » Nächste Schritte

Steckbriefe



## ÖPNV-ELEKTRIFIZIERUNGSKONZEPT

**Elektrobuseinsatz in Duisburg – Machbarkeitsstudie für das Bedienebiet der Duisburger Verkehrsgesellschaft AG**

Unternehmens-/ Gebietsgröße	Großunternehmen / Großstadt
Bisherige Erfahrungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Praktische Erfahrungen aus Hybrid-Bus-Einsatz vorhanden</li> <li>■ Keine Untersuchung zu alternativen Antriebskonzepten durchgeführt</li> </ul>
Zielsetzung	Batteriebus- oder Brennstoffzellenbuseinführung
Untersuchte Linien	Gesamtliniennetz, 9 Linien
Untersuchte Lade-strategie	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Depotladung und Gelegenheitsladung, stationär konduktiv</li> <li>■ Wasserstoffbetankung, stationär</li> </ul>
In Erwägung gezogene betriebliche Anpassungen für Umstellung auf E-Betrieb	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Zwischenladung</li> <li>■ Depotaufenthalt</li> <li>■ Erhöhung des Fahrzeugeinsatzes</li> <li>■ Erhöhung des Personaleinsatzes</li> </ul>
Grundlagentechnologie-betrachtung	BEV, FCEV
Marktrecherche	Solo- und Gelenkbusse
Notwendige betriebliche Anpassungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Erhöhung des Fahrzeugeinsatzes</li> <li>■ Erhöhung des Personaleinsatzes</li> <li>■ Erstbeschaffung der notwendigen Werkstattausrüstung</li> </ul>

# 1. Status Quo der Elektrifizierung im ÖPNV 2017-2019

- » Bestand: Größtenteils dieselbasierte Flotten
- » Ziel: Emissionsreduzierung
- » Wissensbasis: Erstmalige Untersuchungen sowie auf bestehenden Konzepten aufbauende Studien
- » Praktische Erfahrungen: z. T. vorhanden, aus Hybrid- bzw. Elektrobuseinsatz
- » Untersuchungsgegenstand: Einsatz von Midi-, Solo- und Gelenkbussen
- » Untersuchungsgebiet: Vorrangig Stadtverkehr



Quelle: Fraunhofer IVI

## 2. Zweckmäßige Systemkonfigurationen und Betriebskonzepte

- » Depotlader können Einsatzprofil des konventionellen Dieselfahrzeuges am besten abbilden
- » Aber, durch geringere mögliche Fahrleistung (ca. 200 km) betriebliche Maßnahmen erforderlich:
  - » Verkürzung von Umläufen
  - » Einsatz mit Zwischenladung
  - » Mischbetrieb Elektro- und Dieselbus
- » Kombination aus Gelegenheitsladereinsatz mit Hybridheizung geringste Mehrkosten ggü. Dieselbetrieb

### 3. Umsetzungsstrategie für Flottenumstellung

- » Schrittweise Umstellung als geeignete Umsetzungsstrategie
- » Durch zeitlich gestaffelten Beschaffungshochlauf erforderliche Anpassungen an Betrieb besser realisierbar:
  - » Herstellen des Netzanschlusses im Betriebshof bzw. auf der Strecke
  - » Ertüchtigung der Betriebshofwerkstatt sowie Mitarbeiterqualifizierung
  - » Sicherung der erheblichen finanziellen Mehraufwendungen durch Fördermittelakquise
- » Sektorenkopplung spielt in betrachteten Elektromobilitätskonzepten eine untergeordnete Rolle

## 4. Markthochlauf der Elektrifizierung im ÖPNV

### **Aussagen der Zuwendungsempfänger zu Fahrzeugkosten**

- » Reduktion der Fahrzeugkosten für wirtschaftliche Realisierbarkeit der Umstellung auf Elektrobusbetrieb notwendig
- » Beginn der Serienproduktion stellt Kostenreduktionspotentiale in Aussicht
- » Markteinstieg der beiden marktrelevanten deutschen Hersteller (EvoBus, MAN) erwartet

### **Aussagen der Zuwendungsempfänger zur Entwicklung der Batterietechnologie**

- » Vergrößerung der Reichweiten und Lebensdauer durch Innovationssprünge in der Batterietechnologie
- » Depotlader können somit ohne aufwändige Anpassungen des Betriebsablaufes betrieben werden

## 5. Motivationsfaktoren vs. Hemmnisse und Herausforderungen

### Geringe Umweltbelastung

- » Verbesserung der Lebensqualität
- » Erfüllung der gesetzlichen Auflagen zur Reduzierung der Emissionen in Innenstädten

### Imagegewinn

- » ÖPNV als Vorbildfunktion in der Gesellschaft
- » Positives Image für ÖPNV durch ökologisch bewusstes Handeln

### Geringe Betriebskosten

- » Deutliche Verringerung der Betriebskosten gegenüber Dieselbusbetrieb erwartet
- » Wegfall wartungs- und instandhaltungsintensiver Fahrzeugkomponenten, vereinfachter Antriebsstrang

### Planerischer Mehraufwand

- » Komplexes Akteursgefüge im ÖPNV
- » Hoher Planungsaufwand und hoher betrieblicher Anpassungsbedarf

### Marktsituation

- » Geringes Angebot marktverfügbarer Produkte

### Mehrkosten

- » Hohe Investitionskosten am Anfang
- » Ungewissheit gegenüber tatsächlichen Betriebsergebnissen
- » Unsicherheit bezüglich Fördermittelbereitstellung

# Mustergliederung einer Machbarkeitsstudie

## Vorschlag einer Mustergliederung mit allen relevanten Arbeitsschritten

- » Bewertung des Elektrobuseinsatzes unter betrieblichen, technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Gesichtspunkten
  - » Energiebilanzierung und Umlaufbewertung
  - » Konfiguration Elektrobussystem
  - » Infrastrukturelle und betriebliche Maßnahmen
  - » Kostenschätzung

### Mustergliederung

#### MUSTERGLIEDERUNG MACHBARKEITSSTUDIE

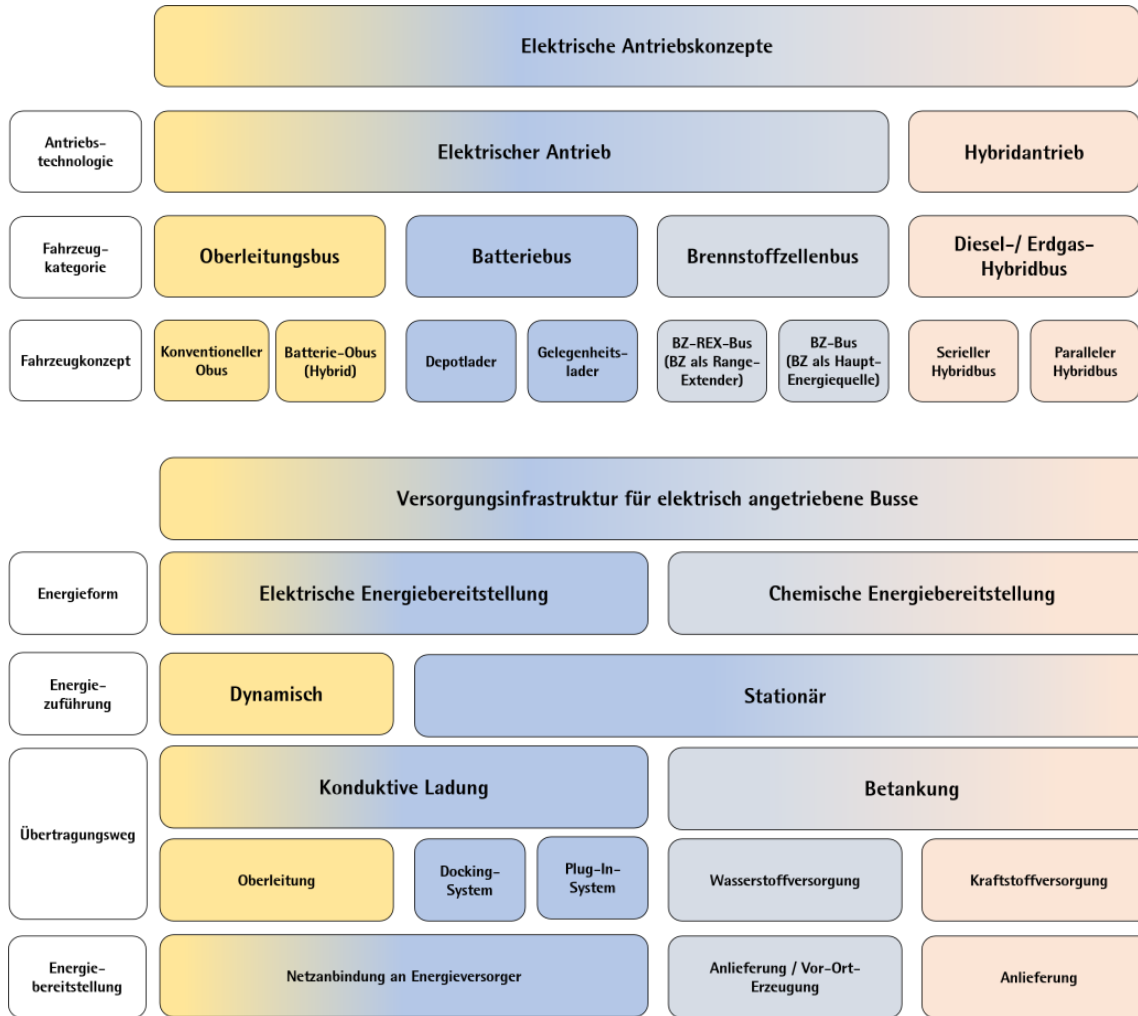
1. Grundlagen
  - 1.1 Hintergrund und Zielsetzung
  - 1.2 Technologische Grundlagen
  - 1.3 Energiezuführung
  - 1.4 Technologievergleich
  - 1.5 Untersuchungsgegenstand
2. Elektrifizierungskonzept
  - 2.1 Verkehrlich-technische Betrachtung
  - 2.2 Ökonomische Betrachtung
  - 2.3 Ökologische Betrachtung
3. Umstellungskonzept
  - 3.1 Betriebs- und Einsatzkonzept
  - 3.2 Fazit und Handlungsempfehlung

3

## Marktverfügbarkeit Fahrzeuge und Infrastruktur



# Marktübersicht Fahrzeuge und Infrastrukturen



Fahrzeuge

Infrastruktur

<https://www.starterset-elektromobilitat.de/>

zero emission

## Marktübersicht zu Bussen und Infrastrukturen

Programmbegleitforschung Innovative Antriebe und Fahrzeuge:

Innovative Antriebe im straßengebundenen ÖPNV- Bus

Gefördert durch:



Koordiniert durch:



Koordinationsbegleitforschung Bus:



## Vielfalt an aktuell serienreifen Bustypen (Stand 09/2021)

Antriebskonzept	Marktrelevante Hersteller	Beispiele
Batteriebus	13 Solo / 11 Gelenk	
Brennstoffzellenbus	3 Solo / 0 Gelenk	

» Sämtliche marktrelevante Bushersteller führen mittlerweile Elektrobusse in ihrem Portfolio

### Ausblick

- » Haupthebel: Optimierungspotentiale in HVAC-Systemen für weitere Effizienz- und Reichweitensteigerungen
- » Weitere Entwicklung zu großen Batteriekapazitäten (Steigerung von Energiedichten)

# Marktübersicht Infrastruktur

## Vielfalt an aktuell serienreifen Versorgungsinfrastrukturen (Stand 09/2021)

Versorgungskonzept	Marktrelevante Hersteller	Beispiele
Ladeinfrastruktur	11	
H <sub>2</sub> -Tankinfrastruktur	9	

- » Elektrische Ladeinfrastrukturlösungen als Plug-In-System oder Docking-System
- » Gas- und Anlagenhersteller bieten Wasserstoffbetankungsinfrastruktur auf 350 bar (auch mobile HRS)

### Ausblick

- » E-Infrastruktur mit höherer Ladeleistung oder verschaltbar für große Batteriekapazitäten
- » H<sub>2</sub>-Tankinfrastruktur mit größerem Wasserstoffspeicher zur Versorgung größerer Busflotten

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**