

---

# Dekarbonisierung des SPNV in Thüringen

## Deutschland voll elektrisch!

---

Zweites Fachsymposium der VDV LG Thüringen

26.06.2023, Erfurt

Dominik Knoop

Fachbereichsleiter Eisenbahnfahrzeuge – Technik, Harmonisierung und Standardisierung

# Agenda

---

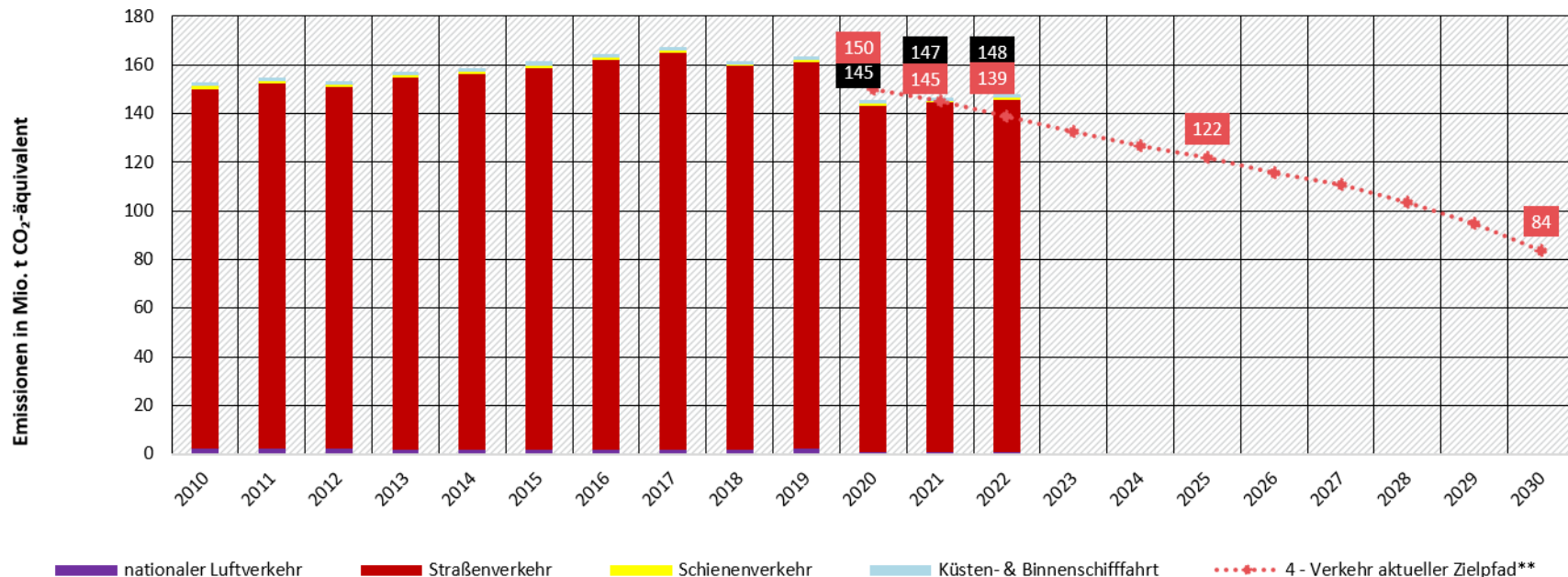
- Klimaschutz und Lebensqualität
- Die Zukunft des Öffentlichen Verkehrs
- Alternative Kraftstoffe und elektrische Energie als Antrieb des SPNV der Zukunft
- Fahrzeugbeschaffung
- Normungsroadmap Wasserstofftechnologie

- Sicherstellung der Dekarbonisierung des SPNV bis 2045
- Bis 2030 sollen 75 % der Infrastruktur elektrifiziert sein
- Ziel ist die Halbierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrs bis 2030



# Klimaschutz und Lebensqualität

## Treibhausgasemissionen – Politische und gesellschaftliche Ziele

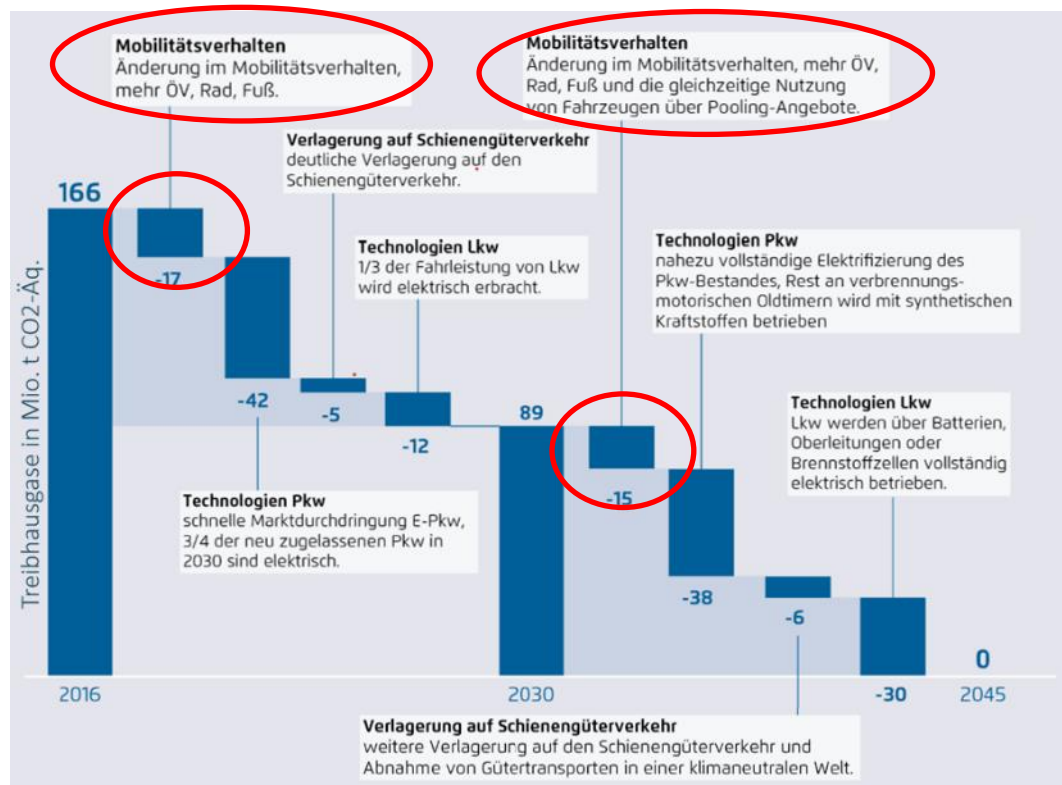


→ Der Verkehr bleibt ein Sorgenkind des Klimaschutzes...

Quellenangaben: Umwelt Bundesamt / Emissionsübersichten nach Sektoren des Bundesklimaschutzgesetzes 2022

### Bausteine zur Treibhausgasreduktion bis 2030 und 2045

- Verlagerung auf den SGV
- Mehr ÖV, Rad- und Fußverkehr
- Nutzung von Fahrzeug Sharing-Angeboten



Quelle: Ökoinstitut Wuppertal 2021

# Die Zukunft des Öffentlichen Verkehrs

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

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

- sollen das SPNV-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



→ Eine Leistungsausweitung erhöht die Attraktivität des ÖVs!

# Die Zukunft des Öffentlichen Verkehrs

## Die Ausrichtung der ÖV-Branche bis 2030

- Beschleunigung
  - bei dem Ausbau und Reaktivierung der Infrastruktur
  - des Schienenverkehrs (Begradigungen der Infrastruktur, Erhöhung Taktraten bzw. Verdichtung)
- der ÖV muss auf alternative Antriebsvarianten setzen, um die CO<sub>2</sub>-Ziele erreichen zu können
  - Unterstützung bei innovativen alternativen Antrieben muss sichergestellt werden



**→ Dies kann nur mit einer ausreichenden Verfügbarkeit von alternativen Energieträgern erreicht werden!**

# Alternative Kraftstoffe und elektrische Energie als Antrieb des SPNV der Zukunft

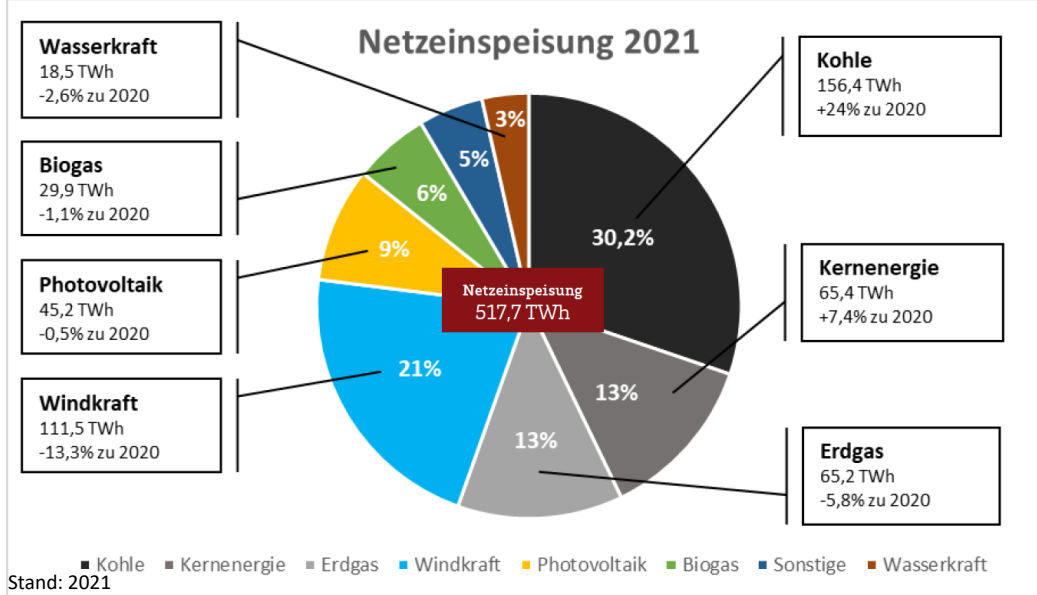
## Energieerzeugung in Deutschland

### Erneuerbare Energie

231TWh (45%)

### Herkömmlich erzeugte Energie

287TWh (55%)



### Ausbaupläne der Politik:

Ersatz von Kohle, Erdgas und Kernenergie bis 2030 (2035)

Ausbau bis 2030	Prozentual	Plan/Jahr	Ist /Jahr
Windkraft	+145%	14GW	2,7GW (19%)
Photovoltaik	+215%	20GW	0,2GW (1%)
H <sub>2</sub> Kraftwerke	?	?	<b>0GW</b>

Dies entspricht ca. 290 TWh (56%) der aktuellen Netzeinspeisung!  
Der aktuelle Umsetzungsgrad liegt deutlich hinter den Plänen der Bundesregierung.



# Alternative Kraftstoffe und elektrische Energie als Antrieb des SPNV der Zukunft

## Energieerzeugung in Deutschland

- Der vorgesehene Ausbau von regenerativ erzeugter Energie bis 2030 wird den Kohle- und Atomausstieg nicht zu 100 % kompensieren können.
- Es sind alternative Lieferketten für Erdgas / LNG aufzubauen
- Wasserstoff und Biogas aus regenerativer Erzeugung soll kurz- und mittelfristig als Substitut für russisches Gas verwendet werden
- Vorrangig ist der Einsatz im Energie- und Industriesektor zu erwarten
- Biogas, Wasserstoff und E-Fuels werden nicht mit der notwendigen Priorisierung für den Sektor Verkehr zur Verfügung stehen

**→ Mit welchem Energieträger soll somit die Verkehrswende erreicht werden?**



©JiSign | fotolia.com

Der Bedarf an Wasserstoff liegt langfristig über den Kapazitäten an regenerativen Energien aus Deutschland.  
Die Bundesregierung plant strategische Kooperationen mit Afrika und Australien.

<https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/wasserstoff-technologie-1732248>

# Alternative Kraftstoffe und elektrische Energie als Antrieb des SPNV der Zukunft

## Energieträger im SPNV

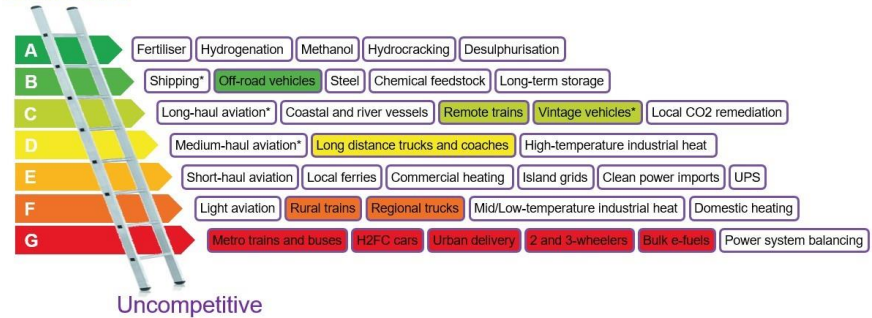
Energieträger	Wirkungsgrad* [%]
Fossile Kraftstoffe	25-28
Biokraftstoffe	25-28
Batterien	60-70
Elektrizität aus der Fahrleitung	72-77
Wasserstoff	22-30
Synthetische Kraftstoffe	12-16

\*Je nach Literaturquelle können andere Wirkungsgrade gefunden werden

### Clean Hydrogen Ladder: Land transportation

Liebreich Associates

Unavoidable



\* Via ammonia or e-fuel rather than H2 gas or liquid

Source: Liebreich Associates (concept credit: Adrian Hiel/Energy Cities)

Quellenangabe: <https://www.liebreich.com/>

- Für die Verkehrswende bleiben neben der bevorzugten Variante Fahrleitung nur noch Batterien und Wasserstoff über!
- Die ausreichende Verfügbarkeit von E-Fuels ist zur Zeit noch nicht absehbar.

# Alternative Kraftstoffe und elektrische Energie als Antrieb des SPNV der Zukunft

## Positionspapier



Veröffentlicht im Rundschreiben am 04.04.2023

### [Positionspapier "Alternative Kraftstoffe und elektrische Energie als Antrieb des SPNV der Zukunft"](#)

In Zeiten der Energiekrise ist Energieeffizienz ein zentrales Thema, welches unter anderem in diesem Positionspapier behandelt wird.

#### 1. Energie:

- Ausbau regenerativer Energieerzeugung deutlich hinter den gesetzten Zielen
- Energiekosten steigen, Verfügbarkeit von Energie sinkt
- H<sub>2</sub>-Knappheit bis mindestens 2030 erwartet (Erdgasersatz in Energie- und Industrie-Sektor)

#### 2. Energieeffizienz: Wirkungsgrad von Kraftstoffen (Well-to-Wheel) hat großen Einfluss auf Betriebskosten

- Fahrleitungsbetrieb 77%
- Batterieantrieb 66%
- Brennstoffzelle 22%
- E-Fuels 14%

#### 3. Investitionen:

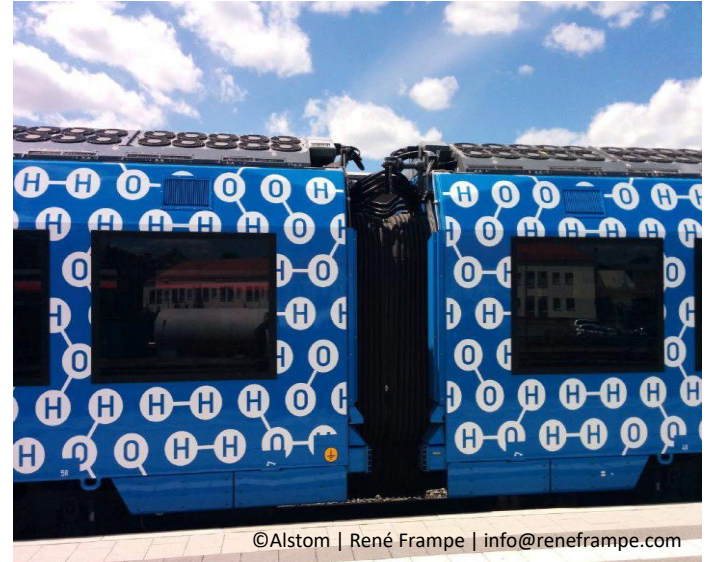
- Entscheidungsfindung jetzt notwendig (Abschreibung Infrastruktur 20 Jahre)
- Batterien- und Brennstoffzellenfahrzeuge dienen auf der Schiene als Übergangslösung
- Neben den Energie- bzw. Betriebskosten sind technische Entwicklungstrends, die Verfügbarkeit der Energieträger und ihre Wettbewerbssituation zu berücksichtigen.

**Es gibt nicht die eine Lösung für alle Städte und Regionen in Deutschland: Synergieeffekte zwischen lokalen Energieversorgern, Stadtwerken und anderen Verkehrsunternehmen müssen mitberücksichtigt werden.**

# Fahrzeugbeschaffung

## Trends bei den Aufgabenträgern

- Zurzeit bestehen Lieferaufträge mit einem Bestellvolumen von ca. 330 Fahrzeugen (Stand: April 2023)
- 48 Fahrzeuge werden mit einem H<sub>2</sub>-Antrieb ausgestattet (15 %)
- 282 Fahrzeuge werden mit einem Batterieelektrischen Antrieb ausgestattet (85 %)
- die BEMU Variante wird von den Aufgabenträgern favorisiert
- der Einsatz von HEMU hängt stark von vorhandener Infrastruktur ab, welche durch die chemische Industrie geprägt ist (Ausnahme: Heidekrautbahn)
- **Der SPNV erlebt gerade einen Umbruch, der eine mehrjährige Markterprobung nach sich zieht. In den ersten Jahren sollten Ersatzfahrzeuge vorrätig sein, um „Kinderkrankheiten“ zu beseitigen.**



# Fahrzeugbeschaffung

## Übersicht Fahrzeugtypen

---

### HEMU:

- Alstom Coradia iLint 54
- Alstom Talent 3 BEMU
- Stadler Flirt H2
- Siemens Mireo Plus H
- Pesa Regio160 HEMU (in Entwicklung)
- ...



### BEMU:

- Alstom Coradia Continental BEMU
- Stadler Flirt Akku
- Siemens Mireo Plus B
- CAF Civity BEMU
- Pesa Regio160 BEMU (in Entwicklung)
- ...



### Welcher Antrieb soll nun eingesetzt werden?

- Eine pauschale Aussage lässt sich nicht tätigen, da der effiziente Einsatz von unterschiedlichen Randbedingungen abhängt wie z. B.
    - Infrastruktur
    - Topologie
    - Betriebsregime
    - ...
  - Aufgabenträger / Länder lassen Machbarkeitsstudien erstellen, die die Eignung von BEMU's und HEMU's gegenüberstellen
- oder
- Ausschreibungen werden technologieoffen publiziert
  - fast alle Hersteller haben auf eigene Kosten bereits in Deutschland Prototypen getestet



©eyetronic, stock.adobe.com

# Fahrzeugbeschaffung

## Machbarkeitsstudien

Aufgabenträger /Land	Status	Datum	Auftrag-nehmer	Ergebnis	Hinweis
Baden-Württemberg	abgeschlossen	12/2022	TTK	BEMU's (und EMU's) sind zu favorisieren	-
BEG	abgeschlossen	12/2022	TU Dresden /IfB	BEMU Betrieb möglich, Infrastruktur ist zu ertüchtigen (notwendig mindestens SK C2)	aus Kostengründen wird ein 2. Teil mit der Untersuchung von HEMU's fortgesetzt
NASA	In Bearbeitung	06/2023	TTK	offen	

Quellenangaben:

[https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/PDF/PM\\_Anhang/Schlussbericht\\_SteFanS-Studie\\_NVBW\\_18012023.pdf](https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/PDF/PM_Anhang/Schlussbericht_SteFanS-Studie_NVBW_18012023.pdf)

<https://beg.bahnland-bayern.de/de/pressemitteilungen/akkuzugbetrieb-im-bayerischen-wald-technisch-moeglich-aber-aufwendig>

<https://www.eurailpress.de/nachrichten/fahrzeuge-komponenten/detail/news/dieselnetz-sachsen-anhalt-ttk-prueft-alternative-antriebsformen.html>

---

# Normungsroadmap Wasserstofftechnologie

---

---



# Normungsroadmap Wasserstofftechnologie

## Allgemeines

- Die Normungsroadmap Wasserstofftechnologie soll den Markthochlaufs von Wasserstoff in Deutschland unterstützen
- Verbundprojekt u. a. DIN, DKE, NWB, VDA, VDMA, VDI
- Aufgeteilt in 5 Themenfelder "Erzeugung", "Infrastruktur", "Anwendungen", "Qualitätsinfrastruktur" und die gebündelten Themen "Weiterbildung, Sicherheit, Zertifizierung"
- Projektdauer: Januar 2023 - Dezember 2025



# Normungsroadmap Wasserstofftechnologie

## Ziele

---

... einen strategischen Fahrplan für die technische Regelsetzung für die gesamte Wertschöpfungskette der Wasserstofftechnologien zu erarbeiten.

... alle Stakeholder und nationalen technischen Regelsetzer im Bereich der Wasserstofftechnologien zu vernetzen und zu koordinieren.

... eine abgestimmte nationale Vorgehensweise festzulegen und auf europäischer und internationaler Ebene einzubringen.

... sich mit allen relevanten Initiativen und Projekten im Bereich H<sub>2</sub> und Normung zu verknüpfen.

... gezielt Normungs- und Standardisierungsprojekte zu initiieren und zu unterstützen.

## Scope

- Die Arbeitsgruppe Schienenfahrzeuge hat die Aufgabe, alle Normungsbedarfe sowie vorhandene Normungsbestände für die Systeme der Vollbahnen und der Städtischen Schienenbahnen (dies beinhaltet die Bahnnetze, das Rollmaterial und den Betrieb), in Bezug auf Wasserstofftechnologien zu ermitteln.
- **Zwischenergebnis:**
  - Bisher wurden sechs Bedarfe ermittelt, die eine weitere Standardisierung notwendig machen (u. a. Schnittstelle Fahrzeug – Tankstelle, Betankungsprotokoll, Dichtheitsprüfkriterien)



 **NORMUNGSROADMAP  
WASSERSTOFFTECHNOLOGIEN**

vdv.de



@DieVerkehrsunternehmen



@VDV\_Verband



die-verkehrsunternehmen



app.vdv.de



Vielen Dank!

Dominik Knoop

Eisenbahnfahrzeuge – Technik, Harmonisierung und Standardisierung

E knoop@vdv.de | T 0151 11182796