

Thomas Nawrocki | Berlin | 10. November 2022



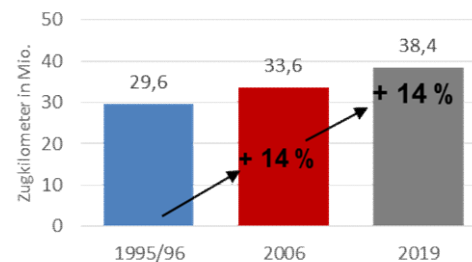
# Einsatz von Brennstoffzellentriebzügen in Niedersachsen

2. Plattformtreffen Schiene „Zero-Emission-Antriebe für den Schienenverkehr“

## Vorstellung LNVG

### LNVG als SPNV-Aufgabenträger

- nach § 8 NNVG nimmt die LNVG die Funktion des SPNV-Aufgabenträgers (AT) wahr, mit:
  - Organisation, Ausschreibung und Finanzierung des SPNV
  - Abstimmung mit den anderen beiden nds. AT und den angrenzenden Bundesländern sowie den kommunalen ÖPNV-AT in Niedersachsen
  - Insgesamt sind 27 Verkehrsverträge mit Beteiligung LNVG geschlossen, davon 15 unter Federführung der LNVG
- Betriebsleistungen im Bereich der LNVG:

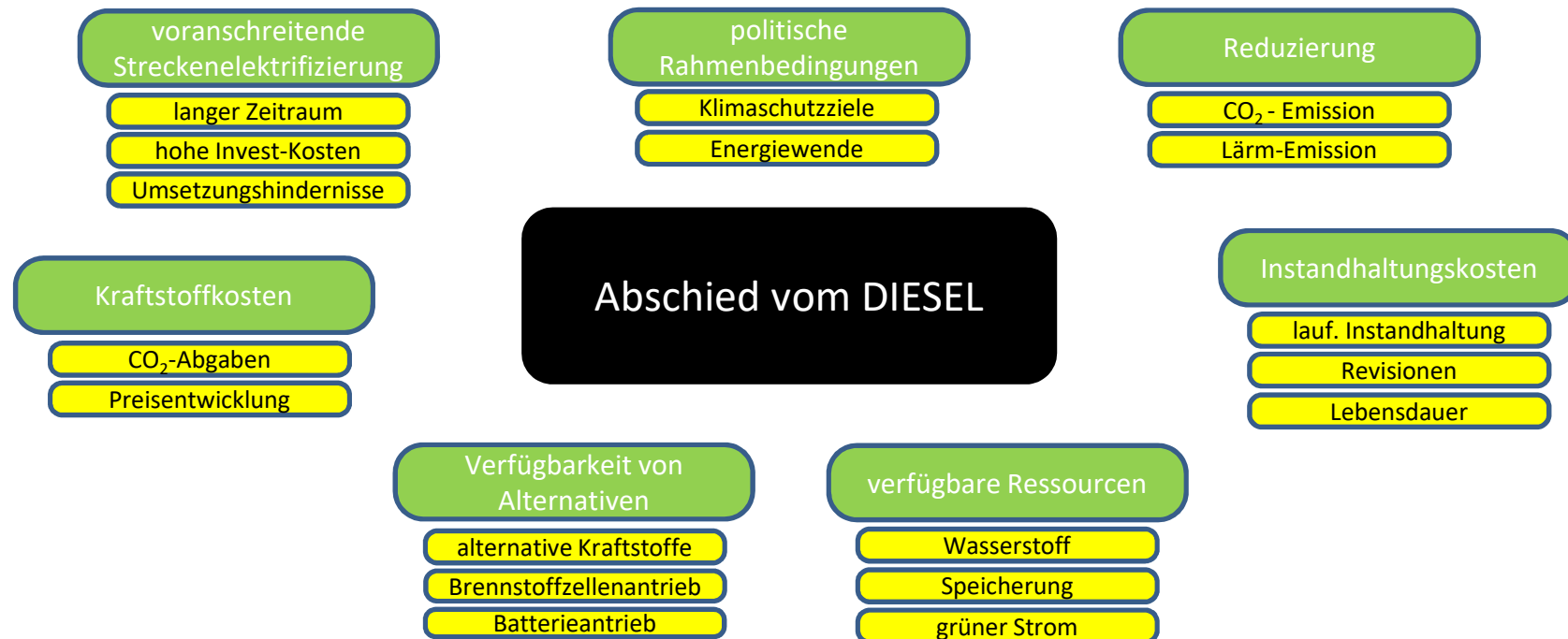


- 
- Grundlagen der LNVG-Entscheidung
  - Betrieb der Fahrzeug
  - Betankung der Fahrzeuge
  - Instandhaltung der Fahrzeuge
  - Rückblick und Ausblick

## Grundlagen der LNVG-Entscheidung



### Was spricht für den Abschied vom Diesel im SPNV?

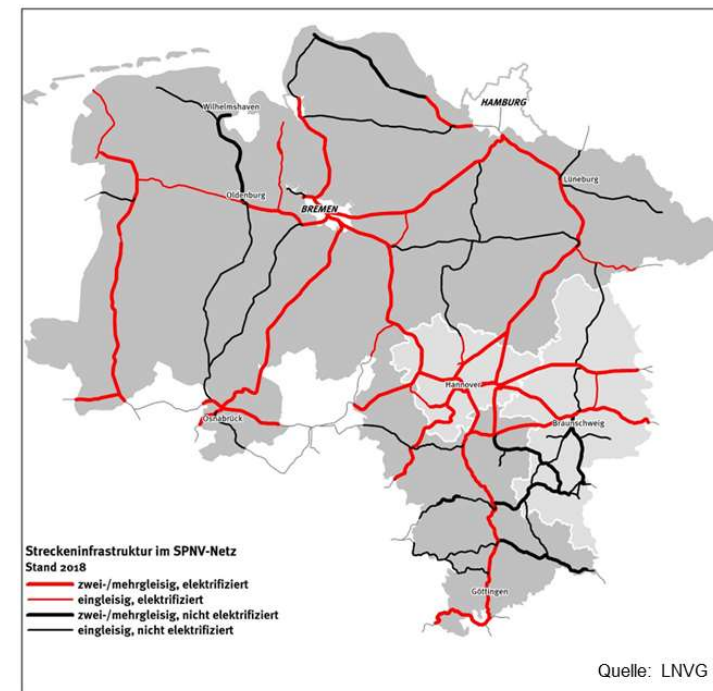


## Grundlagen der LNVG-Entscheidung



### Verfügbarkeit elektrischer Antriebsenergie

- ca. 53 % der regionalen SPNV-Strecken in Niedersachsen sind elektrifiziert
  - ca. 1. 600 km sind elektrifiziert, ca. 1. 400 km sind nicht elektrifiziert
  - Länge der nicht elektrifizierten Strecken: 30 – 120 km
- Mittelfristig werden nicht alle Strecken elektrifiziert werden können.
- Einsatz von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben
  - Brennstoffzellen- oder Batterieantrieb
- Entscheidung anhand folgender Parameter:
  - Streckenlänge
  - Reichweite der Fahrzeuge
  - Energieversorgung (Wasserstoff, Strom)

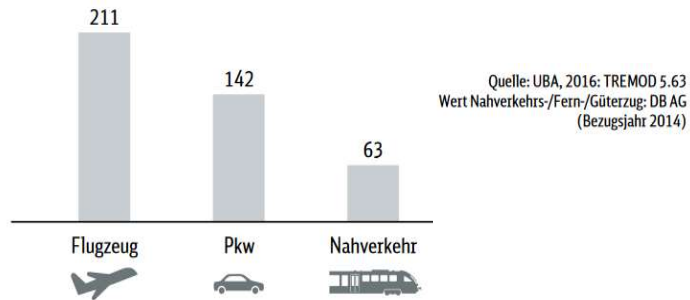


## Wo kommen wir her?

- Umweltbelastung durch die Verkehrsträger
  - Vergleich der CO<sub>2</sub>-Emissionen
  - Schienenverkehr ist am umweltfreundlichsten
  - Eigentlich steht der SPNV gar nicht schlecht da!

### CO<sub>2</sub>e-Emissionen im Verkehrsmittelvergleich

Personenverkehr in Gramm pro Person und Kilometer (g/Pkm)



- heutige Dieselfahrzeuge im SPNV
  - Weiterentwicklung in den Abgasnormen
  - Katalysatoren und Zusatzstoffe
  - neue Fahrzeuge erfüllen Vorgabe nach Stage IIIa und IV
  - trotzdem ist die Umweltbelastung sichtbar



Quelle: LNVG

## Wo wollen wir hin?



### Reduzierung Lärm – Emission

|                                   | Lint 54 der LNVG | iLint |
|-----------------------------------|------------------|-------|
| außen: im Stand                   | 65 dB            | 63 dB |
| außen: bei Anfahrt 0-30 km/h      | 82 dB            | 80 dB |
| innen: im Stand, Fahrgastraum     | 74 dB            | 64 dB |
| innen: bei 140 km/h, Fahrgastraum | 74 dB            | 70 dB |

Quelle: Verträge LNVG – Alstom



Die LINT X sind **ca. 60 % leiser** wie vergleichbare Dieseltriebzüge. Nachweise wurden mittlerweile erbracht.

### Reduzierung CO<sub>2</sub> – Emission

Heute werden mit 15 LINT 41 pro **ca. 2,1 Mio. km pro Jahr** gefahren. Die Fahrzeuge verbrauchen dafür **ca. 1,6 Mio. l Diesel**. Das dabei erzeugte CO<sub>2</sub> fällt nicht mehr an.



CO<sub>2</sub>-Reduzierung von **ca. 4.400 t pro Jahr** bei Nutzung Bestandswasserstoff

Ab ca. 2025 soll der Wasserstoff vor Ort und Nutzung von Wind- und Solarstrom produziert werden.

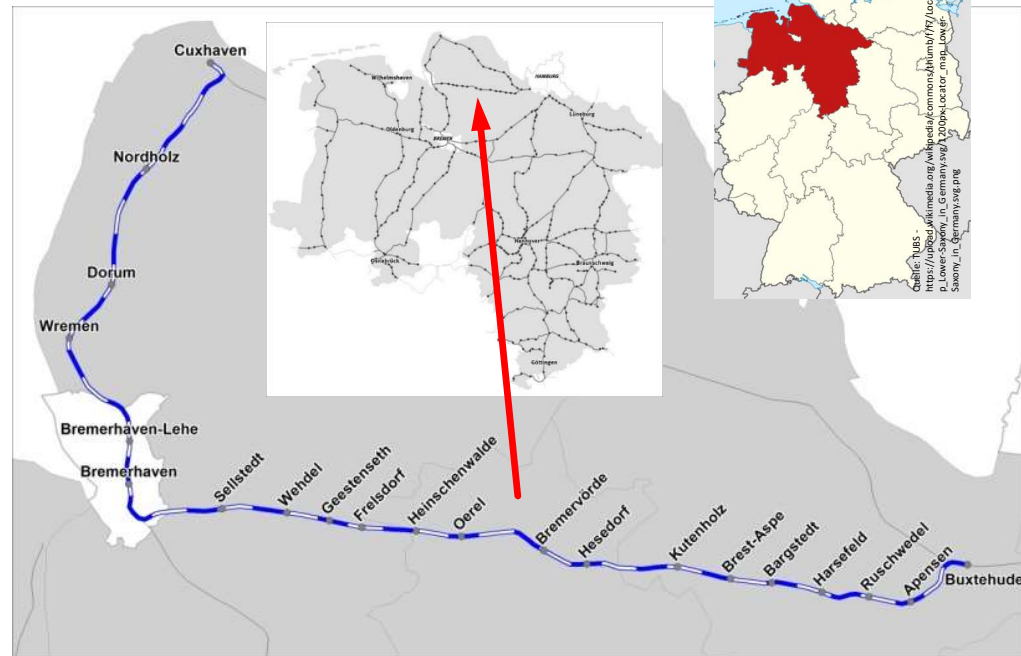


CO<sub>2</sub>-Reduzierung von **ca. 9.000 t pro Jahr** bei Wasserstofferzeugung aus Windstrom

## Einsatznetz

### Cuxhaven – Bremerhaven – Bremervörde – Buxtehude

- Streckentyp: eingleisige Nebenbahn
- Streckenlänge: 123 km
- Anzahl Stationen: 21
- Haltestellenabstand: Ø 9 km
- Betreiber: Eisenbahnen und Verkehrsbetriebe Elbe-Weser (evb)

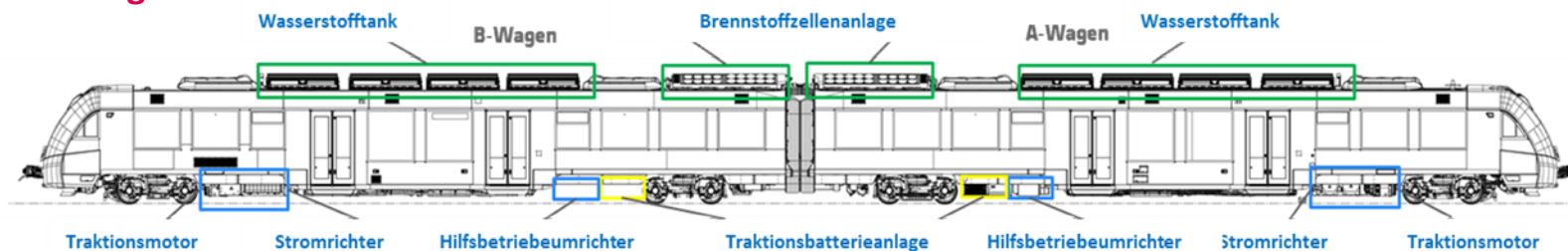




## Brennstoffzellentriebzüge der LNVG



### Fahrzeug LINT X



Quelle: Alstom

#### technische Daten:

- 156 Sitzplätze
- 140 km/h Höchstgeschwindigkeit
- ca. 119 t Gesamtmasse
- 54,27 m Triebzuglänge
- 2 Brennstoffzellenanlagen
- 2 x 397 kW Leistung am Rad
- 2 Wasserstofftanks à 130 kg
- ca. 1.100 km Reichweite
- Verbrauch ca. 20 – 25 kg H<sub>2</sub> pro 100 km

#### Randbedingungen für den Einsatz:

- 12 Fahrzeuge für den Betrieb
- 2 Fahrzeuge für Instandhaltung (incl. Revision)
- vorgegebener Betankungsplan
- Betankung an Wasserstofftankstelle in Bremervörde
- Instandhaltung in Bremervörde



## Betriebsaufnahme mit den Fahrzeugen



### Übergangsphase LINT 41 zu LINT X

bis 25.07.2022

wie aktueller Umlaufplan

Betriebsstufe 0 (Einsatz von 15 LINT 41)

Betriebsstufe 1 (Einsatz von 15 LINT 41, 6 LINT X)

seit 25.07.2022

2 Umlaufpläne  
nicht benötigte LINT 41 (Backup-Flotte) werden  
„warm“ abgestellt.  
LINT 41 können unverzüglich eingesetzt werden,  
wenn LINT X nicht zur Verfügung stehen

Betriebsstufe 1a-d (Einsatz von 5-15 LINT 41, 6-10 LINT X)



ab Dezember 2022

Erweiterung der Umläufe mit LINT X in  
mehreren Betriebsstufen (Hochlaufbetrieb)

nicht benötigte LINT 41 werden „warm“  
und „kalt“ abgestellt

Betriebsstufe 2 (Einsatz von 14 LINT X)

vsl. ab Sommer 2023

1 Umlaufplan  
keine Backup-Flotte vorhanden

## Betankung der LINT X



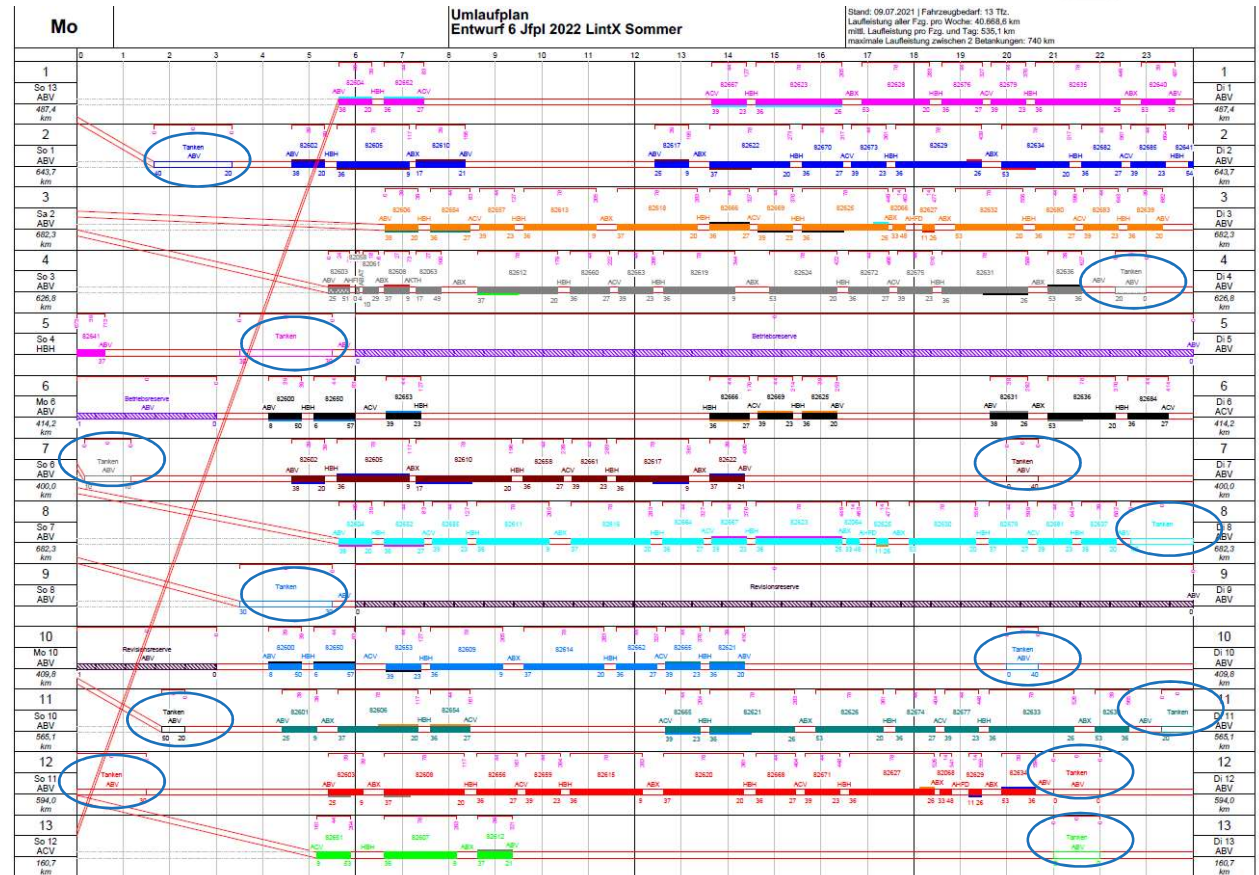
### Grundlagen

- Betankung mit Wasserstoff abhängig von:
  - Temperatur am Fahrzeugtank (Umgebungstemperatur)
  - Restdruck im Fahrzeugtank (Restmenge Wasserstoff)
  
- daraus ergibt sich:
  - je niedriger die Außentemperatur, desto kleiner die Betankungszeit.
  - je höher die Außentemperatur, desto größer die Betankungszeit.
  - je kleiner die Restmenge Wasserstoff, desto größer die Betankungszeit.
  - je größer die Restmenge Wasserstoff, desto kleiner die Betankungszeit.
  - das heißt: **Betankungszeit, ist im Wesentlichen von Außentemperatur und Restmenge im Tank abhängig**  
**Steuergrößen sind Betankungszeitpunkt im Tagesverlauf und Eingangstemperatur des Wasserstoffs**

## Betankung der LINT X

### Umlaufplan Mo (Beispiel)

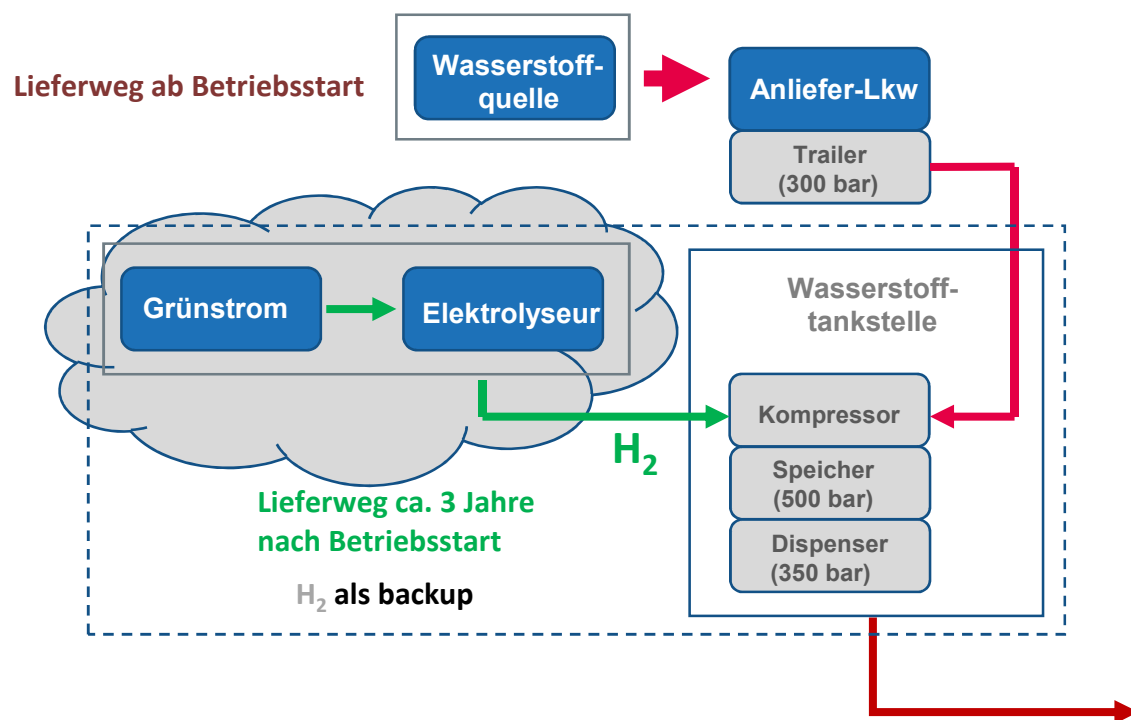
- 10 Betankungen Mo-Fr
- zzgl. 3 Betankung von So-Mo und Mo-Di
- Parallelbetankungen von Doppeltraktion
- Betankung nach Laufleistung von 250 km bis 740 km
- durchschnittliche Laufleistung vor Betankung ca. 500 km



## Betankung der LINT X



### Schematische Darstellung der Tankstelle



### Phasen der Wasserstoffherzeugung

#### 1. Phase:

- Wasserstoff von DOW Chemicals, Stade und anderen Quellen
- Anlieferung mit Trailer (2-3 mal pro Tag)
- Dauer: Jahr 1 bis vsl. Jahr 3

#### 2. Phase:

- Einbindung von Erzeugung von Wasserstoff durch Elektrolyse vor Ort in Bremervörde
- Tankstelle wird um Elektrolyse-Anlage erweitert
- Nutzung von Solar- und Windstrom
- Dauer: vsl. ab Jahr 3 bis xxx

#### 3. Phase:

- Steigerung der Quote der Elektrolyse vor Ort bis nahezu 90 %
- Umsetzung der Phase 3 ist abhängig von den geltenden externen Randbedingungen



## Betankung der LINT X

### Wasserstofftankstelle in Bremervörde

- Trailerwechselstation mit Anlieferung mit ca. 2,5 Lkw pro Tag
- zwei Dispenser für die Betankung von 2 Triebzügen parallel
- Kennzahlen:
  - benötigte Tagesmenge: bis zu 1.600 kg/Tag
  - Vor-Ort Speicher: 1.800 kg
  - Menge pro Betankung: 2 x 130 kg pro Triebzug
  - Tankdruck: 350 bar
  - Betankungen/Tag: max. 12
  - Anlagenbetrieb: 24/7 an 365 Tagen



Tankstellenansicht



Verdichtercontainer



Speicher



Tankgleis mit Zapfstellen





## Instandhaltung der LINT X

### Rahmenbedingungen

- Kennzahlen für die Instandhaltung (Betriebsstufe 2):
  - 12 Fahrzeuge Betrieb (incl. Betriebsreserve)
  - 1 Fahrzeug Instandhaltungsreserve
  - 1 Fahrzeug Revisionsreserve
  - Werkstattaufenthalte pro Fahrzeug ca. alle sechs Wochen für präventive Instandhaltung
  - korrektive Instandhaltung nach Anfall oder während der planmäßigen Werkstattaufenthalte
- Werkstattinfrastruktur
  - Neubau einer Werkstatthalle (ein Gleis) aufgrund der längeren Fahrzeuges
  - Anpassung der vorhandenen Halle (ein Gleis)
- aktueller Fokus
  - Erfahrungen des täglichen Betriebs sammeln
  - Sicherstellung der Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit
  - Beseitigung von Kinderkrankheiten, Fehleranalyse (jeder „Fehler hilft“, die Fahrzeuge zu verbessern)
  - Einbindung aller Unterlieferanten



## Rückblick





## Ausblick



\*) bezogen auf die maximal mögliche tägliche Betankungsmenge von 1.600 kg pro Tag

# Vielen Dank!

Thomas Nawrocki

Bereichsleiter Fahrzeugmanagement

Landesnahverkehrsgesellschaft Niedersachsen mbH (LNVG)

Kurt-Schumacher-Str. 5

30519 Hannover

Tel: 0511 / 53333 – 115

E-Mail: [nawrocki@lnvg.de](mailto:nawrocki@lnvg.de)



Landesnahverkehrsgesellschaft  
Niedersachsen mbH