



Einsatz von Brennstoffzellentriebzügen im SPNV in Niedersachsen

ÖVG-Tagung, Wasserstoff auf Schiene

Wien, den 23.11.2020

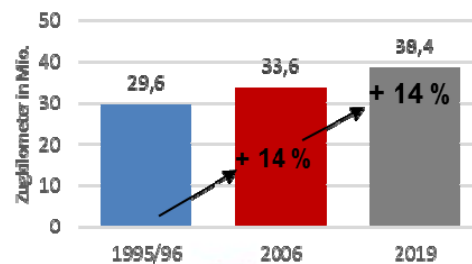
Agenda

- Vorstellung LNVG
- Verkehrsnetz, Vertragswelt, Fahrzeuge, Instandhaltung
- Einsatz von Prototypenfahrzeugen
- Feste Wasserstofftankstelle
- Zeitplan

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:

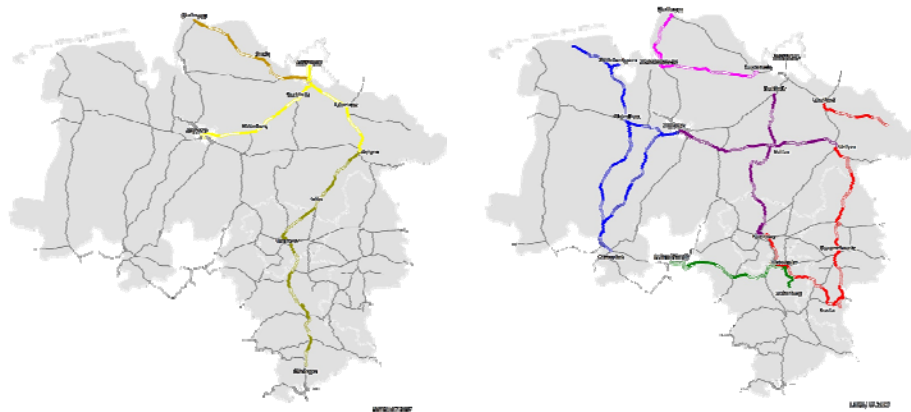


Vorstellung LNVG

LNVG-Fahrzeugpool

- Beschaffung der ersten Dieseltriebwagen in 1997 (Einsatz im Netz Weser-Ems seit 2000)
- Beschaffung der ersten Doppelstockzüge in 2001 (Einsatz im Netz RE Hamburg seit 2003)
- konsequent weiterer Ausbau des Fahrzeugpools mit derzeit:

220 Doppelstockwagen und
39 Elektro- und Diesellokomotiven



126 Dieseltriebwagen



Thomas Nawrocki, LNVG

23.11.2020



in Summe: 385 Fahrzeuge (Stand 2020)

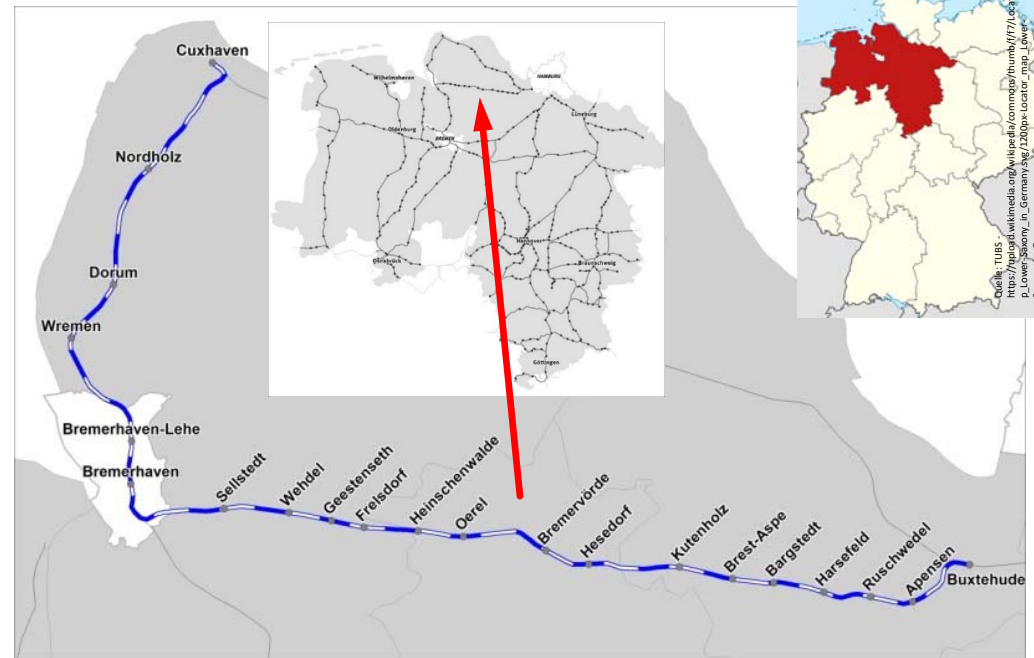
Seite 4



Verkehrsnetz, Vertragswelt, Fahrzeuge, Instandhaltung

Einsatzstrecke: Cuxhaven – Bremerhaven – Bremervörde – Buxtehude

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



Verkehrsnetz, Vertragswelt, Fahrzeuge, Instandhaltung

„Alles aus einer Hand“

Werkliefervertrag

- LNVG – Alstom
- Fahrgastbetrieb mit Prototypenfahrzeugen
- Konstruktion und Umsetzung der LNVG-Anforderungen
- Bau und Lieferung der Fahrzeuge
- Abnahme der Fahrzeuge

Instandhaltungsvertrag

- LNVG – Alstom
- LNVG stellt Werkstatt zur Verfügung
- Alstom übernimmt die Halter- und ECM-Verantwortung
- 100 %ige Verfügbarkeit
- definierte Zuverlässigkeit

Energieversorgungsvertrag

- LNVG – Konsortium Alstom/Linde
- LNVG stellt Grundstück für Tankstelle zur Verfügung
- Linde betreibt Tankstelle (incl. Wasserstoffversorgung)
- garantierte Verfügbarkeit von Wasserstoff
- definierte Betankungsdauer



- Vereinbarung zu Herstellung, Zulassung und Fahrgasteinsatz von Prototypenfahrzeugen
- drei Vertragssäulen mit den unterschiedlichen Beteiligten verzahnt und auf das gleiche Ziel ausgerichtet
- gute Randbedingungen für Erfolg schaffen, mögliche Schwierigkeiten ausschließen

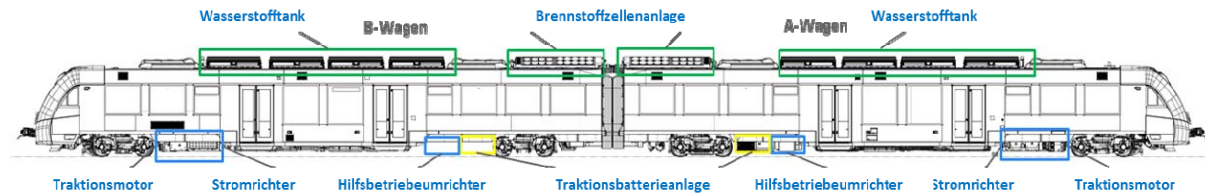
➤ Es werden „instandgehaltene und betankte Triebzüge“ zur Verfügung gestellt.

Verkehrsnetz, Vertragswelt, Fahrzeuge, Instandhaltung

Fahrzeug: Beschreibung und Kennzahlen

technische Daten:

- 156 Sitzplätze
- 140 km/h Höchstgeschwindigkeit
- ca. 119 t Gesamtmasse
- 54,27 m Triebzuglänge
- 2 Brennstoffzellenanlagen
- 2 x 368 kW Leistung am Rad
- 2 Wasserstofftanks a 130 kg
- ca. 1.100 km Reichweite
- Verbrauch ca. 22 – 25 kg H₂ pro 100 km



Quelle: Alstom

Randbedingungen für den Einsatz:

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



Verkehrsnetz, Vertragswelt, Fahrzeuge, Instandhaltung

Förderung im NIP-Programm

- Förderprogramm des Bundes: „Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP)“ mit Laufzeit 2016 – 2026
- Förderantrag der LNVG im Rahmen des Programms zur Marktaktivierung
 - Antrag wurde im Juni 2017 gestellt
 - erstes Förderprojekt für den Verkehrsträger Schiene
 - Förderung bei Beschaffung der Fahrzeuge (LNVG)
 - Förderung zur Errichtung der Tankstelle (Linde)
- „Unverbindliche Inaussichtstellung“ (UIA) im September 2017 erhalten



Zuwendungsbescheid

Betr.: Zuwendung aus dem Bundeshaushalt, Einzelplan 12, Kapitel 1210, Titel 89271, Titel 89203 Haushaltsjahr 2018, für das Vorhaben: "NIP II-Marktaktivierung: Einsatz von Brennstoffzellentriebfahrzeugen in Niedersachsen"

 **Zuwendungsbescheid am 19.10.2018 erhalten**

Thomas Nawrocki, LNVG

23.11.2020



Verkehrsnetz, Vertragswelt, Fahrzeuge, Instandhaltung

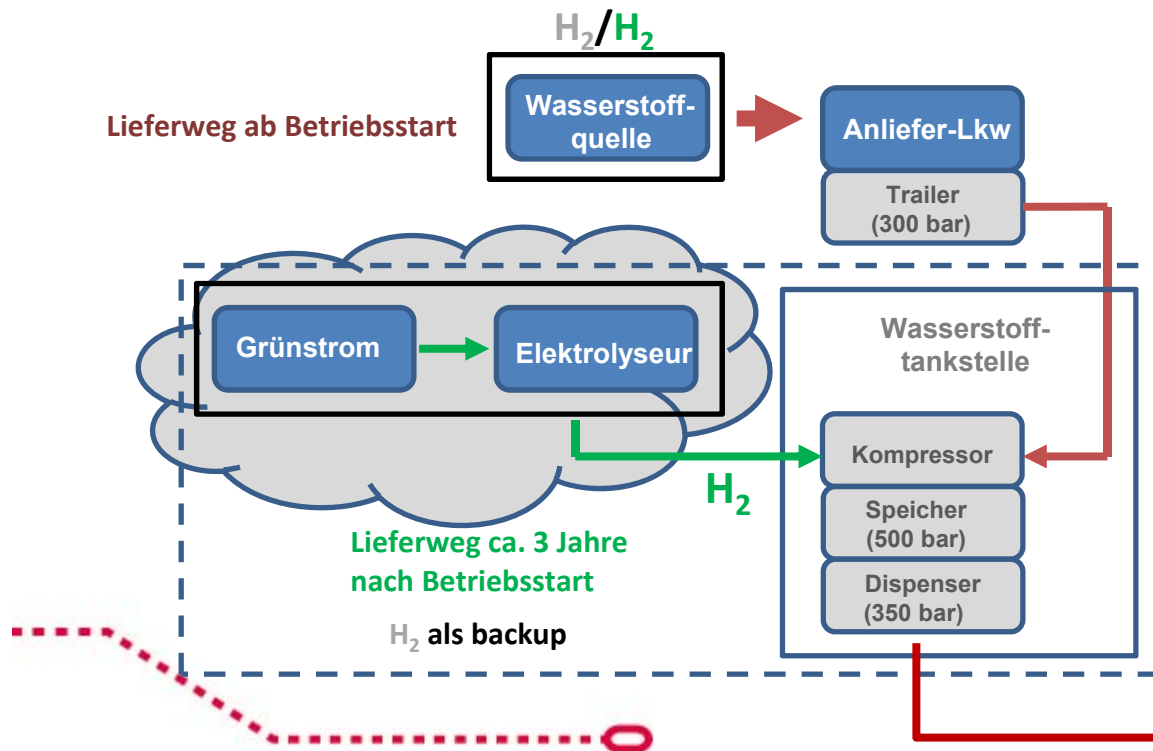
Genehmigungen und Zulassungen

- Prototypenfahrzeuge iLint und mobile Wasserstofftankstelle
 - Zulassung für den Fahrgasteinsatz im Sommer 2018
 - Errichtung einer mobilen Wasserstofftankstelle mit Genehmigung durch das örtliche Gewerbeaufsichtsamt
 - ↳ Durchführung Probetrieb (tägliches Einsatz, tägliche Betankung, Instandhaltung in Werkstatt Bremervörde)
- feste Wasserstofftankstelle
 - für geplantes Grundstück war Änderung des geltenden Flächennutzungsplans erforderlich
 - Genehmigung als Anlage der Eisenbahn mit Planfeststellungsverfahren nach AEG §18
- Serienfahrzeuge LINT X der LNVG
 - Ergänzung der Zulassung durch Änderungen in Konstruktion und Bau der Fahrzeuge aufgrund gemachter Erfahrungen mit den Prototypenfahrzeugen
 - ERA-Zulassung nach dem 4. EU-Eisenbahnpaket



Wasserstofftankstelle

Schematische Darstellung Lieferweg und Wasserstofftankstelle



Phasen der Wasserstoffherzeugung

1. Phase:

- Wasserstoff von DOW Chemicals 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
- Quote: 35 % durch Elektrolyse, 65 % von DOW Chemicals
- Nutzung von „Öko-Strom“ aus Windpark Bremervörde
- ggf. Kostensteigerung wegen zusätzlicher Gebühren für Stromnutzung (EEG etc.)
- Dauer: vsl. ab Jahr 3 bis xxx

3. Phase:

- Steigerung der Quote der Elektrolyse vor Ort
- Frage: Kostenentwicklung?
- Umsetzung der Phase 3 ist abhängig von den geltenden externen Randbedingungen

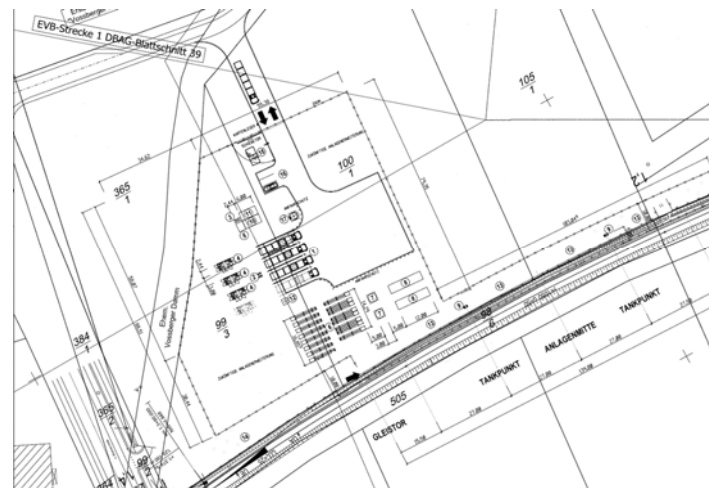


LINT X

Wasserstofftankstelle

feste Ausführung für Einsatz der Serienfahrzeuge

- Trailerwechselstation mit Anschlussmöglichkeiten für 3-4 Lkw-Trailer zur Versorgung der Wasserstofftankstelle
- Anlieferung mit ca. 2,5 Lkw pro Tag
- Planfläche zur Errichtung einer Elektrolyse zur Vor-Ort Produktion von Wasserstoff
- Planfläche für Erweiterung zur Bus-Betankung
- zwei Dispenser für die Betankung von 2 Triebzügen pro Stunde oder von 3 Triebzügen in zwei Stunden
 - **Kennzahlen der Wasserstofftankstelle:**
 - 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



Wasserstofftankstelle

mobile Ausführung für Einsatz der Prototypenfahrzeuge

- mobile Wasserstofftankstelle
 - keine Einwände seitens der Bevölkerung sowie der Feuerwehr und anderer Sicherheitskräfte
 - ca. 70 Vor-Ort-Präsentationen, Veranstaltungen und Mitfahrten mit den Prototypenfahrzeugen



Einsatz Prototypenfahrzeuge

- Einsatz vom 17.09.2018 bis Ende Februar 2020 auf der Strecke Cuxhaven – Bremerhaven – Bremervörde – Buxtehude
- Backup-Flotte mit Bestandsfahrzeugen LINT 41 der LNVG
- Herausforderungen des Probetriebes:
 - Schulung der Zugpersonale (ca. 40 Triebfahrzeugführer)
 - Einbindung in die bestehenden Umlaufpläne
 - Abstimmung zwischen allen Beteiligten (Betrieb, Instandhaltung, Personal)
- Ziele des Einsatzes:
 - Testen aller Komponenten im täglichen Fahrgastbetrieb
 - Optimierung von Software für Fahrzeugsteuerung und Energiemanagement
 - Erkennung und Beseitigung von „Kinderkrankheiten“
 - Finden von Verbesserungsmöglichkeiten für die Serienfertigung
 - Schulungen künftiger Personale für Betrieb und Instandhaltung





Einsatz Prototypenfahrzeuge

Fakten zum Einsatz

- keine Einwände seitens der Bevölkerung sowie der Feuerwehr und anderer Sicherheitskräfte

- Laufleistung (gefahren km):
 - bis zu 500 km pro Tag
 - gesamt Testphase sowie im Fahrgastbetrieb seit 16.09.2018 → ca. 200.000 km (beide Fahrzeuge zusammen)
ca. 6.000 Betriebsstunden Brennstoffzelle

- Verfügbarkeit der Fahrzeuge:
 - Verfügbarkeitsquote → ca. 95 % (nach Bauteilupdate, vorher ca. 90 %)
(ohne Berücksichtigung von Instandhaltung Fahrzeuge und Tankstelle, Streckensperrung, Abwesenheit der Fahrzeuge für Präsentationen)
 - geringe Anzahl Zugausfälle, die in der Regel durch LINT 41 ersetzt wurden

- Wasserstoff-Verbrauch 0,17 und 0,20 kg/km (je nach Witterung)
 - zufriedene und begeisterte Triebfahrzeugführer



Erkenntnisse und Umsetzung von Verbesserungen

Betrieb, Instandhaltung, Fahrgastkomfort

➤ Betrieb:

- Antriebsleistung des Fahrzeugs zu gering → Leistung bei LINT X erhöht
- Gleitschutz verbessern, Fahrzeuge neigen bei geringster Feuchtigkeit zum Schleudern und Gleiten → Anpassung bei LINT X
- fehlende Ablagemöglichkeiten für Buchfahrpläne, Unterlagen im Führerstand → bei LINT X verbessert
- gute Bedienbarkeit durch Triebfahrzeugführer

➤ Instandhaltung:

- alle vorgesehenen Friststufen in Bremervörde durchgeführt
- Verbesserungspotenzial hinsichtlich der Instandhaltbarkeit der Brennstoffzellenanlage erkannt → veränderte Konstruktion
- Verbesserung der Luftfilter aufgrund hoher Pollenbelastung erforderlich → Anpassung bei LINT X

➤ Fahrgastkomfort:

- Geräuschdämmung verbessern → bei LINT X verbessert
- Leistungsfähigkeit der Heizungs- und Klimaanlage verbessern → bei LINT X verbessert
- Qualität der Fahrgastsitze unbefriedigend → bei LINT X verbessert
- Verbesserungspotenzial bei Türbedienung (Einstiegtüren, WC-Tür) erkannt → bei LINT X verbessert



Erkenntnisse und Umsetzung von Verbesserungen

Fahrzeugtechnik

➤ auffällige Bauteile

- diverse Steuerungen in Brennstoffzellen- und Batterieanlage
- vorzeitige Alterung von Komponenten durch nicht anforderungsgerechte Auslegung und Nutzung
- Fehler in der Steuerung durch zu sensible Reaktionen auf Störungen innerhalb von Batterie und Brennstoffzelle



Softwareoptimierungen, Veränderung von Komponenten und deren Zusammenwirken

➤ Feuchtigkeit in der Wasserstofftankanlage



komplette Überarbeitung der betroffenen Bauteile im Sommer 2019, danach keine Auffälligkeiten mehr

Sachstand LINT X

Zeitplan





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Thomas Nawrocki

Bereichsleiter Fahrzeugmanagement

Landesnahverkehrsgesellschaft Niedersachsen mbH (LNVG)

Kurt-Schumacher-Str. 5

30519 Hannover

Tel: 0511 / 53333 – 115

E-Mail: nawrocki@lnvg.de

