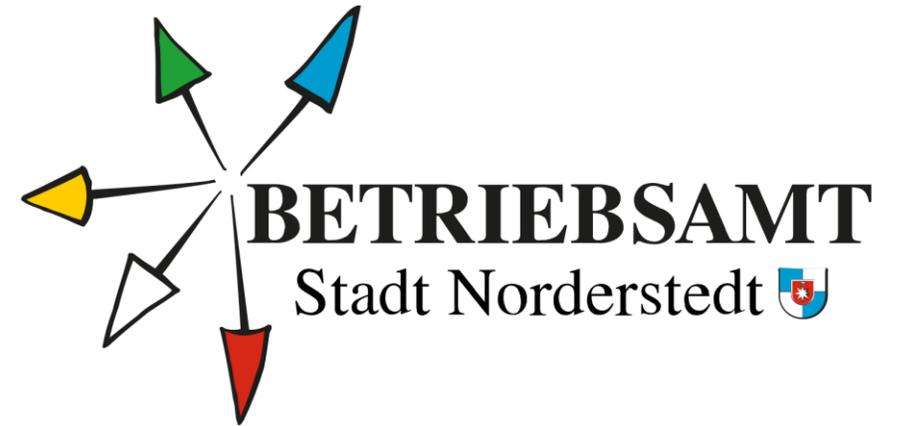




Anlage 4 zu TOP 9



Machbarkeitsstudie

---

## **Klimaschonende, alternative Antriebe für Nutzfahrzeuge des Betriebsamts der Stadt Norderstedt**

---

Dr.-Ing. Thomas Böning  
Nils Wallmeyer, M. Sc.

Norderstedt, 20.08.2023

- 1 Ausgangslage, Zielsetzung und Vorgehensweise
- 2 Darstellung Stand der Technik
- 3 Analyse der Ist-Situation der lokalen Gegebenheiten
- 4 Szenario- und Bedarfsanalyse
- 5 Auswirkungen auf den Fahrzeugpark
- 6 Auswirkungen auf die Infrastruktur
- 7 Emissionsbetrachtung
- 8 Kostenbetrachtung
- 9 Maßnahmenkatalog
- 10 Zusammenfassung und Fazit

# 1. Ausgangslage, Zielsetzung und Vorgehensweise

## Vorgehensweise

### Arbeitsschritte

### Meilensteine

#### 1. Erstellung einer Marktanalyse für Fahrzeuge mit alternativen Antrieben

- Herstellerbefragungen
- Erstellung einer aktualisierten Marktanalyse in Bezug auf Fahrzeughersteller, Fahrzeugtypen, technische Merkmale und Neuerungen

Abstimmung mit mit Assetmanagement, FPM, Tourenplanung, Einsatzleitung und Werkstatt

#### 2. Analyse der Ist-Situation der lokalen Gegebenheiten

- Standorte und Infrastruktur
- Fahrzeuge und selbstfahrende Arbeitsmaschinen

Vor-Ort-Begehung der Standorte  
Bestandsdatenerfassung  
Interviews von Mitarbeitern

#### 3. Durchführung der Bedarfsanalyse

- Bedarfsanalyse Fahrzeuge
- Bedarfsanalyse Infrastruktur
- Einbindung externer Interessensvertreter

Abstimmung mit Assetmanagement, FPM, Tourenplanung, Einsatzleitung und Werkstatt

#### 4. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mit Szenarioanalyse

- Bildung von Zukunftsszenarien in Bezug auf Fahrzeuge und Infrastruktur
- Betrachtung von Mehr-/Minder-Schadstoffemissionen
- Betrachtung von Mehr-/Minder-Kosten
- Betrachtung möglicher Förderprogramme

Abstimmung mit Lenkungsgruppe

#### 5. Entwicklung eines Maßnahmenkatalogs

- Empfehlungen zur Umstellung des derzeitigen Fuhrparks auf alternative Antriebe
- Stationierung der Fahrzeuge
- Erzeugung von Strom- und grünem Wasserstoff
- Erzeugung alternativer Kraftstoffe
- Auf- und Ausbau der Ladestellen- und H2-Tankstelleninfrastruktur
- Priorisierung der Maßnahmen
- Angabe eines zu erwartenden Zeithorizontes
- Darstellung der zu erwartenden CO<sub>2</sub>-Einsparpotenziale

Abstimmung mit Lenkungsgruppe

## 2. Darstellung Stand der Technik Fahrzeugtechnik

### • Vergleich Alternative Antriebstechnik

#### **BEV**

##### Einsatz bei:

- kurzen täglichen Fahrtstrecken
- geringen Gesamtenergieverbräuchen am Tag
- planbaren längeren Depotladevorgängen
- verfügbarer (öffentlicher) Infrastruktur

#### **FCEV**

##### Einsatz bei:

- längeren täglichen Fahrtstrecken
- höheren Gesamtenergieverbräuchen am Tag
- zwingender kurzfristiger Einsatzbereitschaft der Fzg.
- verfügbarer (öffentlicher) Infrastruktur

#### **E-Fuels**

##### Einsatz bei:

- sehr langen Fahrtstrecken
- sehr hohen Gesamtenergieverbräuchen am Tag
- seltenen Spezialfahrzeugen

#### **Biomethan (CNG)**

##### Einsatz bei:

- verfügbarem Biogas, welches nicht in KWK Anlagen mit Strom und Wärmenutzung genutzt wird
- höheren Gesamtenergieverbräuchen am Tag

- Grundsätzlich sind alle betrachteten Antriebstechniken im Rahmen der Systemgrenzen klimaneutral
- Welcher der betrachteten Antriebe favorisiert wird, ist eine technisch-strategische Entscheidung und abhängig von den gegebenen betrieblichen Rahmenparametern

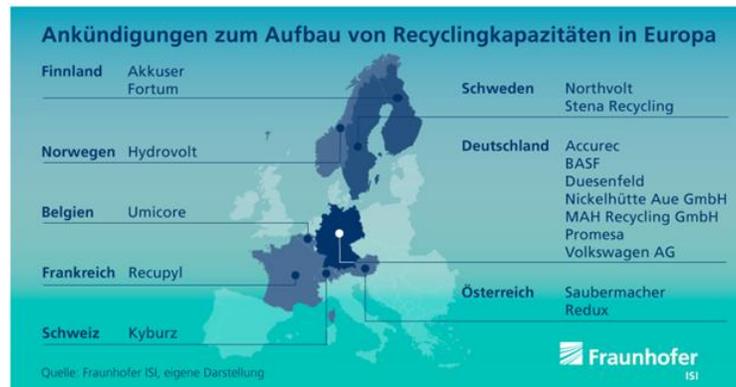
## 2. Darstellung Stand der Technik Batterietechnik

### ● Probleme bei der Herstellung von Li-Ionen-Batterien

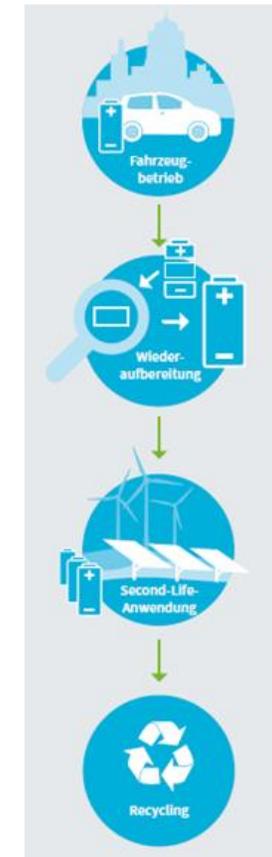
- Umweltschädliche Produktionsprozesse (z. B. Grundwasserverschmutzung, -absenkung etc.)
- Schadstoff-Emissionen
- Soziale Probleme (u. a. Kinderarbeit beim Ressourcenabbau)

### ● Lösungsansätze

- Mögliche Recyclingquote: 95 % (bei Duesenfeld GmbH, Niedersachsen)
- Nachnutzungsanwendungen (Second-Life)
- Einsatz Erneuerbare Energien bedingt Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Kinderarbeit: Verringerung Primärrohstoffeinsatz, Batterie-Recycling in Europa



Quelle: Fraunhofer ISI, 2021



Quelle: Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FfE) e. V., 2016

## 2. Darstellung Stand der Technik Marktanalyse Fahrzeugtechnik

- **Abfallsammelfahrzeuge**

- *Collect 6x2R* von *Designwerk* (BEV)



Quelle: IFAT 2022

- **LKW**

- *eDAILY* von *IVECO* (BEV)



Quelle: [edaily.iveco.com/de-DE/](https://edaily.iveco.com/de-DE/)

- **Geräteträger**

- *MK-Reform Boki-E80* von *MK Fahrzeuge* (BEV)



Quelle: [mk-f.ch](https://mk-f.ch)

### 3. Analyse der Ist-Situation der lokalen Gegebenheiten Standorte und Infrastruktur

- **Betriebshof des Betriebsamts**

- Recyclinghof
- Umschlagplatz
- wesentlicher Fahrzeugstandort
  - ca. 135 Fzg.



### 3. Analyse der Ist-Situation der lokalen Gegebenheiten Standorte und Infrastruktur

- **Friedhöfe**

- Friedhof Glashütte

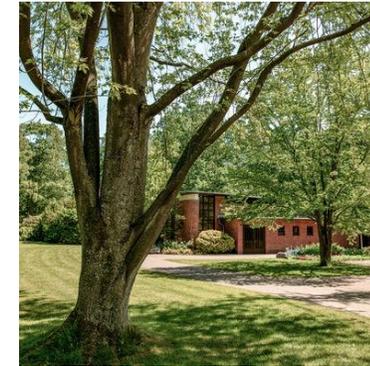
- 6 Fzg.

- Friedhof Harksheide

- 6 Fzg.

- Friedhof Friedrichsgabe

- 7 Fzg.



- **Gebrauchtwarenhaus Hempels**

- Stormarnstraße 34-36,  
22844 Norderstedt

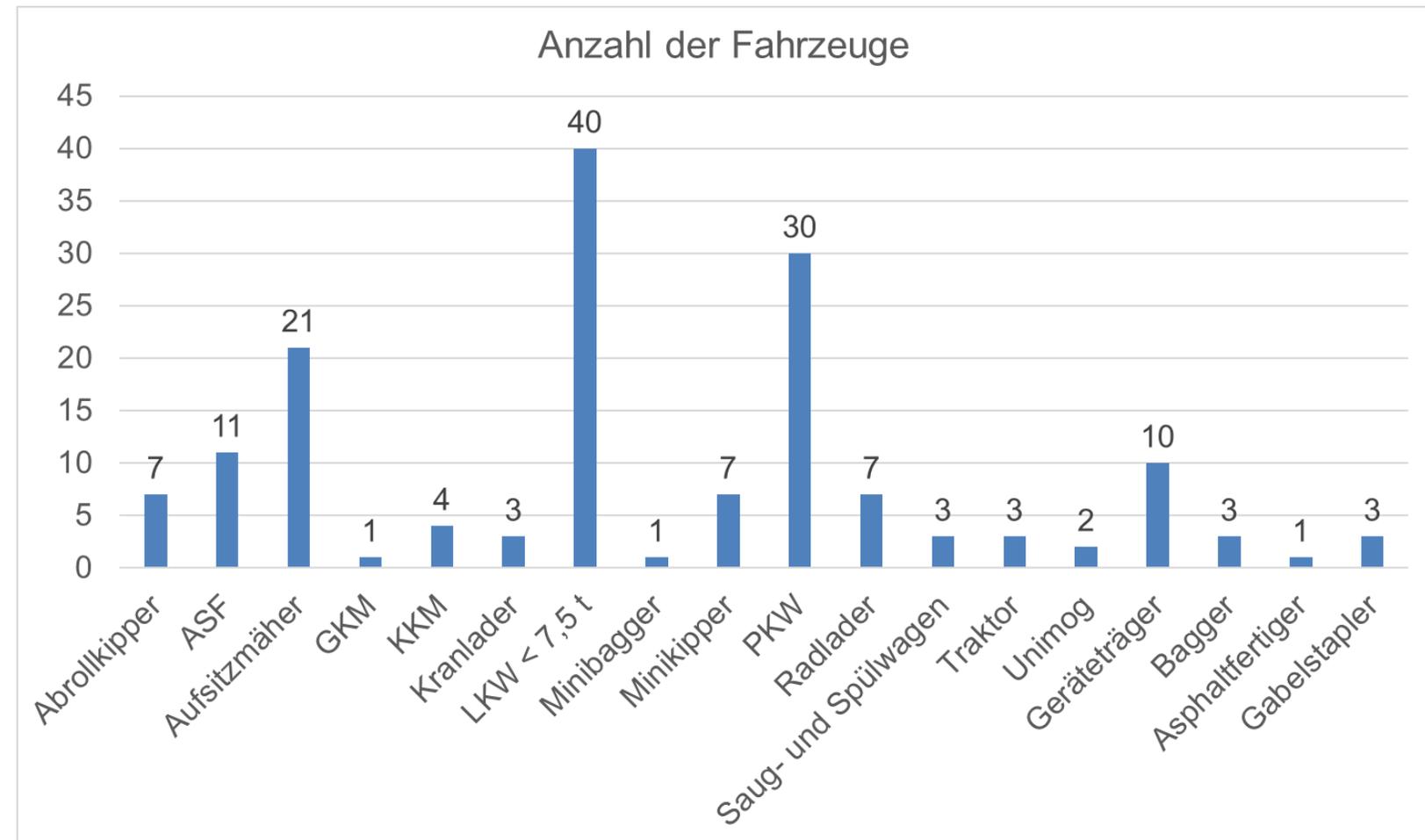
- 3 Fzg.



### 3. Analyse der Ist-Situation der lokalen Gegebenheiten Fahrzeuge und selbstfahrende Arbeitsmaschinen

#### ● Fahrzeuge

- insg. 157 Fahrzeuge und selbstfahrende Arbeitsmaschinen (ohne Kleingeräte)



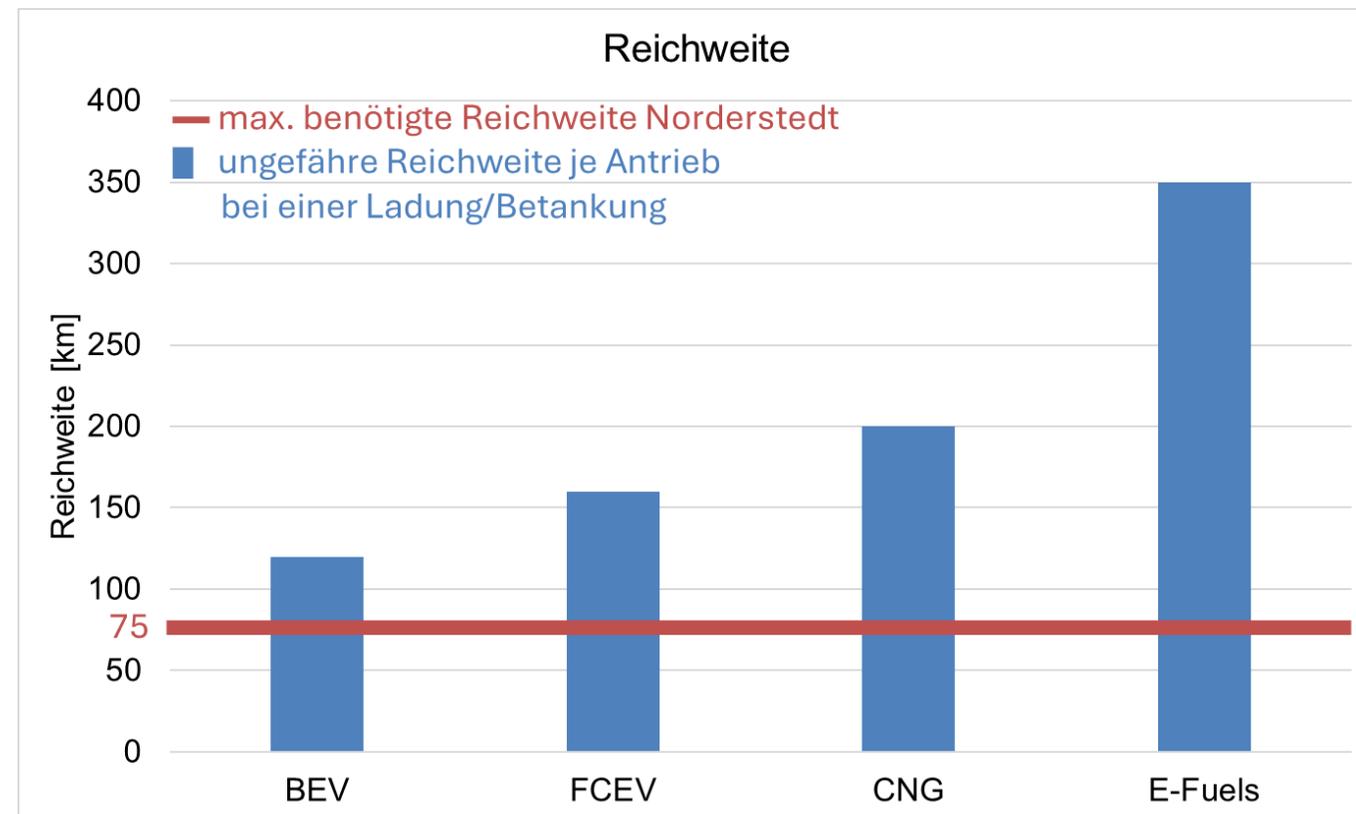
## 4. Szenario- und Bedarfsanalyse Fahrzeuge und selbstfahrende Arbeitsmaschinen

### ● Reichweitenauswertung Abfallsammelfahrzeuge

➤ Die maximal benötigte Reichweite für die Abfallsammelfahrzeuge in Norderstedt liegt mit 75 km unter allen maximalen Reichweiten der aufgezeigten alternativen Antriebe.

- Ansatz: Durchschnittliche, tägliche Fahrtstrecke x 150 %
  - » 50 km x 150 % = 75 km

➤ Im Bereich der Abfallsammelfahrzeuge wird deshalb aufgrund des höchsten energetischen Wirkungsgrads der Einsatz von BEV empfohlen.



## 4. Szenario- und Bedarfsanalyse Fahrzeuge und selbstfahrende Arbeitsmaschinen

- **Fahrzeuersatzbeschaffung am Beispiel von zwei Fahrzeugtypen**

- **Abrollkipper**

Kennzeichen	Hersteller	Modell	Bezeichnung_INFA	Anschaffungsjahr	Antrieb Status quo	Austauschjahr 1	Austausch 1	Austauschjahr 2	Austausch 2	max. Kilometer
SE-NO 109	Mercedes-Benz	Axor 950 (Abrollkipper, Kran)	Abrollkipper	2008	Diesel	2023	Diesel	2031	FCEV	375
SE-NO 898	Mercedes-Benz	Axor 950 (Abrollkipper, Kran)	Abrollkipper	2012	Diesel	2023	Diesel	2031	FCEV	300
SE-NO 957	Mercedes-Benz	Actros 963 (Abrollkipper mit Aufnahmearm)	Abrollkipper	2016	Diesel	2025	Diesel	2033	FCEV	375
SE-NO 958	Volvo	FM 62 TR (Abrollkipper mit Aufnahmearm)	Abrollkipper	2017	Diesel	2025	Diesel	2033	FCEV	375
SE-NO 5326	Volvo	FM 62 TR (Abrollkipper mit Aufnahmearm)	Abrollkipper	2021	Diesel	2029	FCEV	2037	FCEV	420
SE-NO 5371	Volvo	FM 62 TR (Abrollkipper mit Aufnahmearm)	Abrollkipper	2021	Diesel	2029	FCEV	2037	FCEV	420
SE-NO 5504	Volvo	FM 62 TR (Abrollkipper mit Aufnahmearm)	Abrollkipper	2021	Diesel	2029	FCEV	2037	FCEV	420

- **Abfallsammelfahrzeuge**

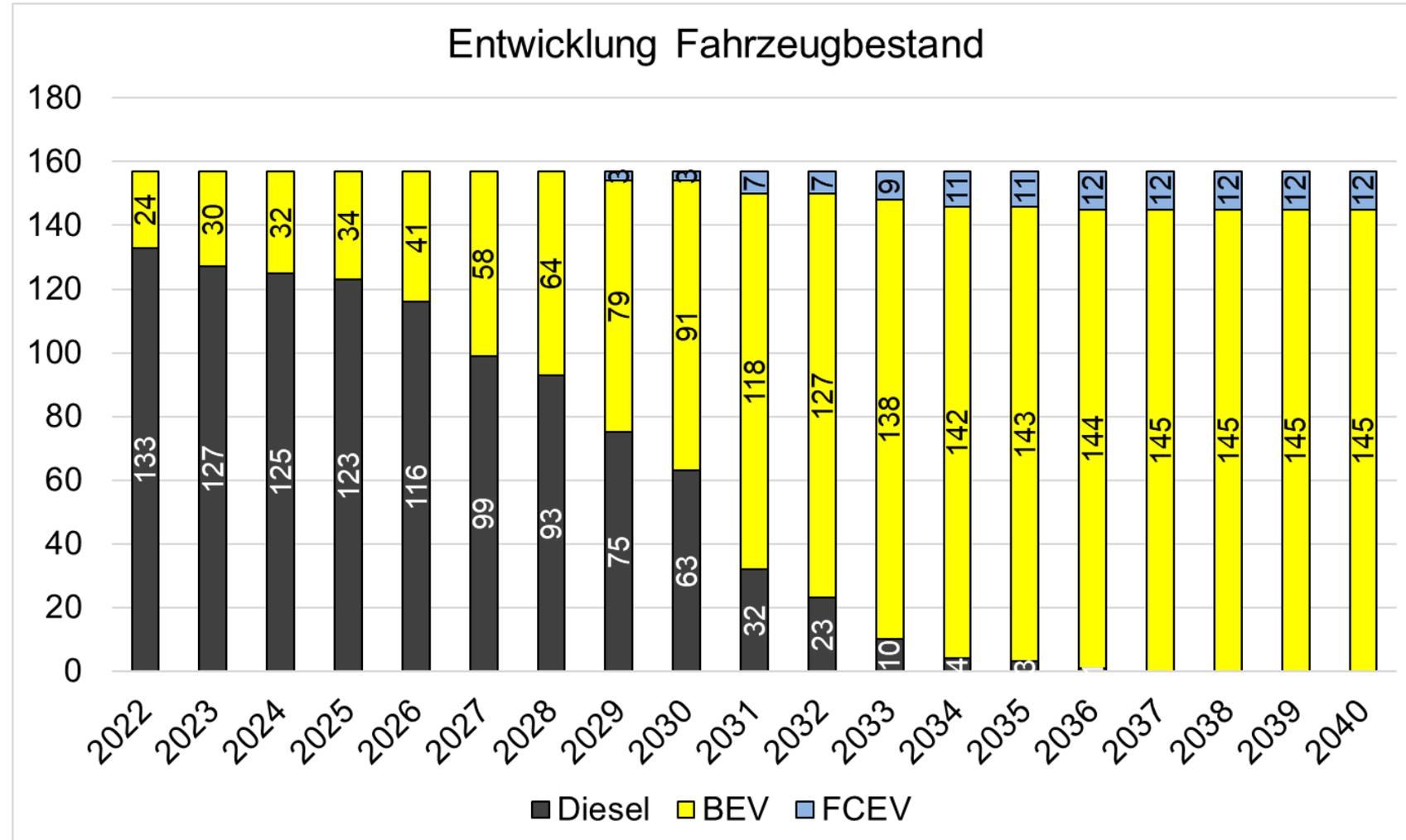
Kennzeichen	Hersteller	Modell	Bezeichnung_INFA	Anschaffungsjahr	Antrieb Status quo	Austauschjahr 1	Austausch 1	Austauschjahr 2	Austausch 2	max. Kilometer
SE-NO 909	Mercedes-Benz	Econic (Gefäßheber, Müllpresse)	ASF	2013	Diesel	2023	Diesel	2031	BEV	75
SE-NO 911	Mercedes-Benz	Econic (Gefäßheber, Müllpresse)	ASF	2013	Diesel	2023	Diesel	2031	BEV	75
SE-NO 929	Mercedes-Benz	Econic (Gefäßheber, Müllpresse)	ASF	2015	Diesel	2023	Diesel	2031	BEV	75
SE-NO 930	Mercedes-Benz	Econic (Gefäßheber, Müllpresse)	ASF	2015	Diesel	2023	Diesel	2031	BEV	75
SE-NO 959	Mercedes-Benz	Econic (Gefäßheber, Müllpresse)	ASF	2016	Diesel	2025	Diesel	2033	BEV	75
SE-NO 960	Mercedes-Benz	Econic (Gefäßheber, Müllpresse)	ASF	2017	Diesel	2025	Diesel	2033	BEV	75
SE-NO 2179	Mercedes-Benz	Econic (Gefäßheber, Müllpresse)	ASF	2019	Diesel	2027	BEV	2035	BEV	75
SE-NO 2276	Mercedes-Benz	Econic (Gefäßheber, Müllpresse)	ASF	2019	Diesel	2027	BEV	2035	BEV	75
SE-NO 5715	Mercedes-Benz	Econic (Gefäßheber, Müllpresse)	ASF	2021	Diesel	2029	BEV	2037	BEV	75
SE-NO 6596	Mercedes-Benz	Econic (Gefäßheber, Müllpresse)	ASF	2021	Diesel	2029	BEV	2037	BEV	75
SE-NO 5955	Mercedes-Benz	Econic (Gefäßheber, Müllpresse)	ASF	2021	Diesel	2029	BEV	2037	BEV	75

# 5. Auswirkungen auf den Fahrzeugpark

## Entwicklung Fahrzeugbestand

- **Entwicklung Fahrzeugbestand**

➤ Die Umstellung des Fahrzeugparks ist unter den aufgezeigten Möglichkeiten bis 2037 vollständig durchführbar. Der Fahrzeugpark wird im Wesentlichen durch BEV geprägt sein.

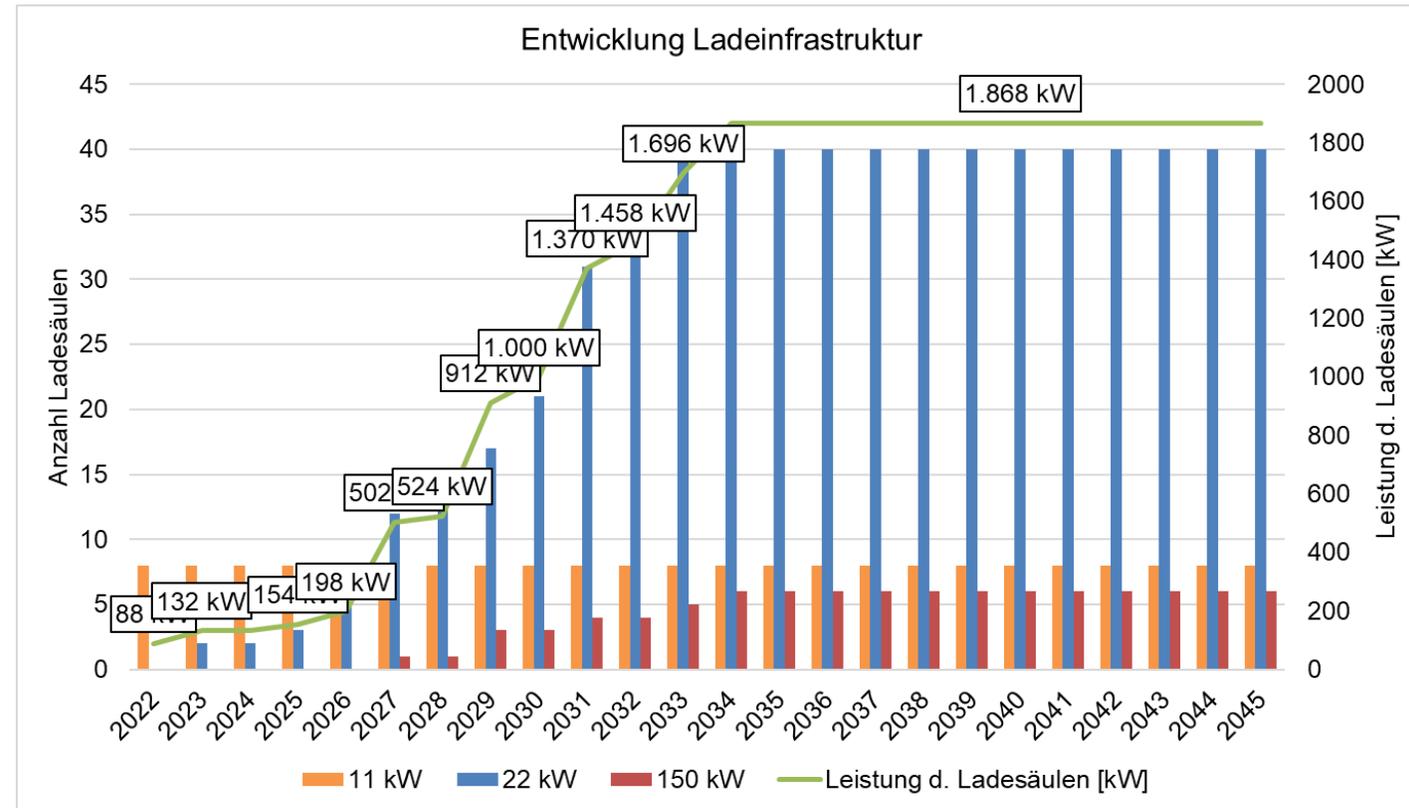


## 6. Auswirkungen auf die Infrastruktur Ladekapazitäten

### • Entwicklung der Ladesäulen am Betriebshof

#### ➤ Erforderliche Ladestellen- Infrastruktur

- Den Fahrzeugen werden wie zuvor beschrieben entsprechende Ladesäulen zugeordnet.
- Die bestehende Netzanbindung (Niederspannung) kann die erforderliche Leistung nicht bereitstellen.
- Es wird empfohlen eine Trafostation bis 2026 aufzubauen, um zukünftig die Fahrzeuge laden zu können.



## 6. Auswirkungen auf die Infrastruktur Ladekapazitäten

### ● Entwicklung der Ladestationen an Friedhöfen & Gebrauchtwarenhaus

#### ➤ FH Glashütte

- 1. 22 kW Ladesäule ab 2026
- 2. 22 kW Ladesäule ab 2030

#### ➤ FH Friedrichsgabe

- 1. 22 kW Ladesäule ab 2026
- 2. 22 kW Ladesäule ab 2031

#### ➤ FH Harksheide

- 1. 22 kW Ladesäule ab 2030
- 2. 22 kW Ladesäule ab 2033

#### ➤ Hempels

- 22 kW Ladesäule ab 2028

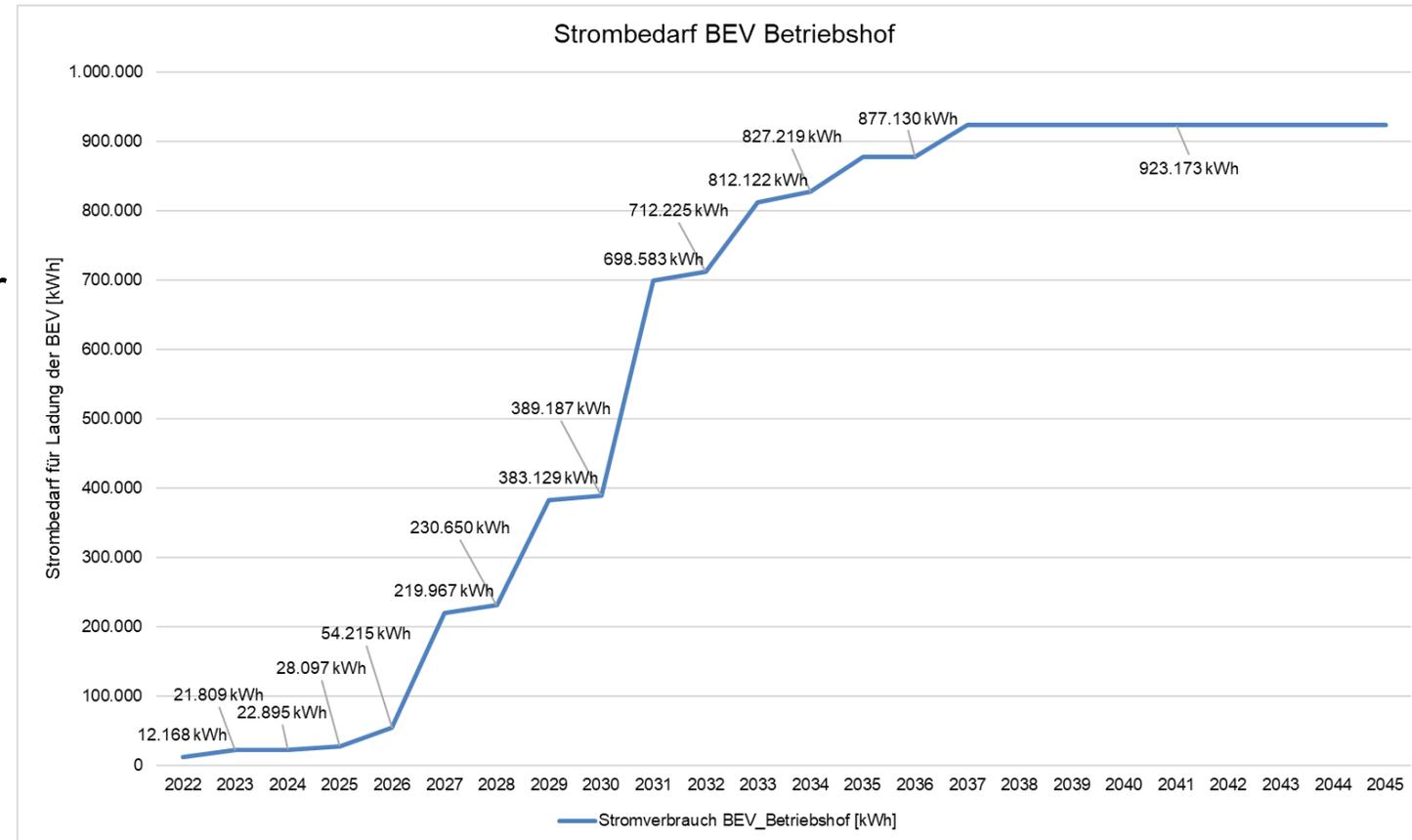
## 6. Auswirkungen auf die Infrastruktur Berechnung des Strombedarfs

### ● Entwicklung des Strombedarfs der Fahrzeugflotte am Betriebshof (Schätzung)

- Am Betriebshof wird der Strombedarf zur Beladung der Fahrzeuge auf etwa 920 MWh/a ansteigen.
- Mit einem Lastmanagement kann die Gesamtleistung zur Beladung der Fahrzeuge auf unter 615 kW gehalten werden.

- $$\frac{923.173 \text{ kWh}}{250 \frac{d}{a}} : 6 \frac{h}{d} = 615 \text{ kW}$$

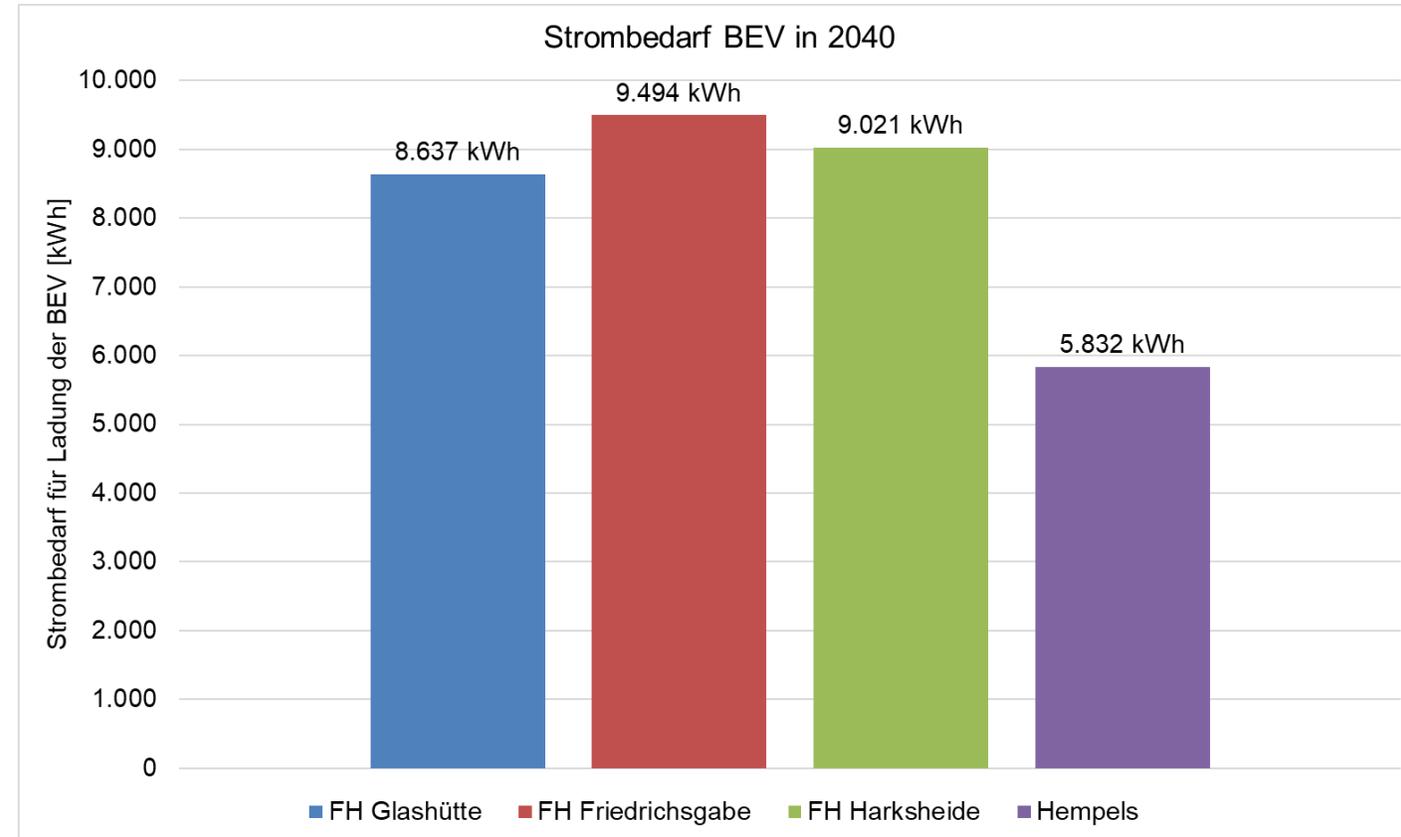
- Es wird empfohlen, eine zukunftsichere Trafostation mit mindestens 800 kVA zu errichten.



## 6. Auswirkungen auf die Infrastruktur Berechnung des Strombedarfs

### • Entwicklung des Strombedarfs der Fahrzeugflotte an den übrigen Standorten (Schätzung)

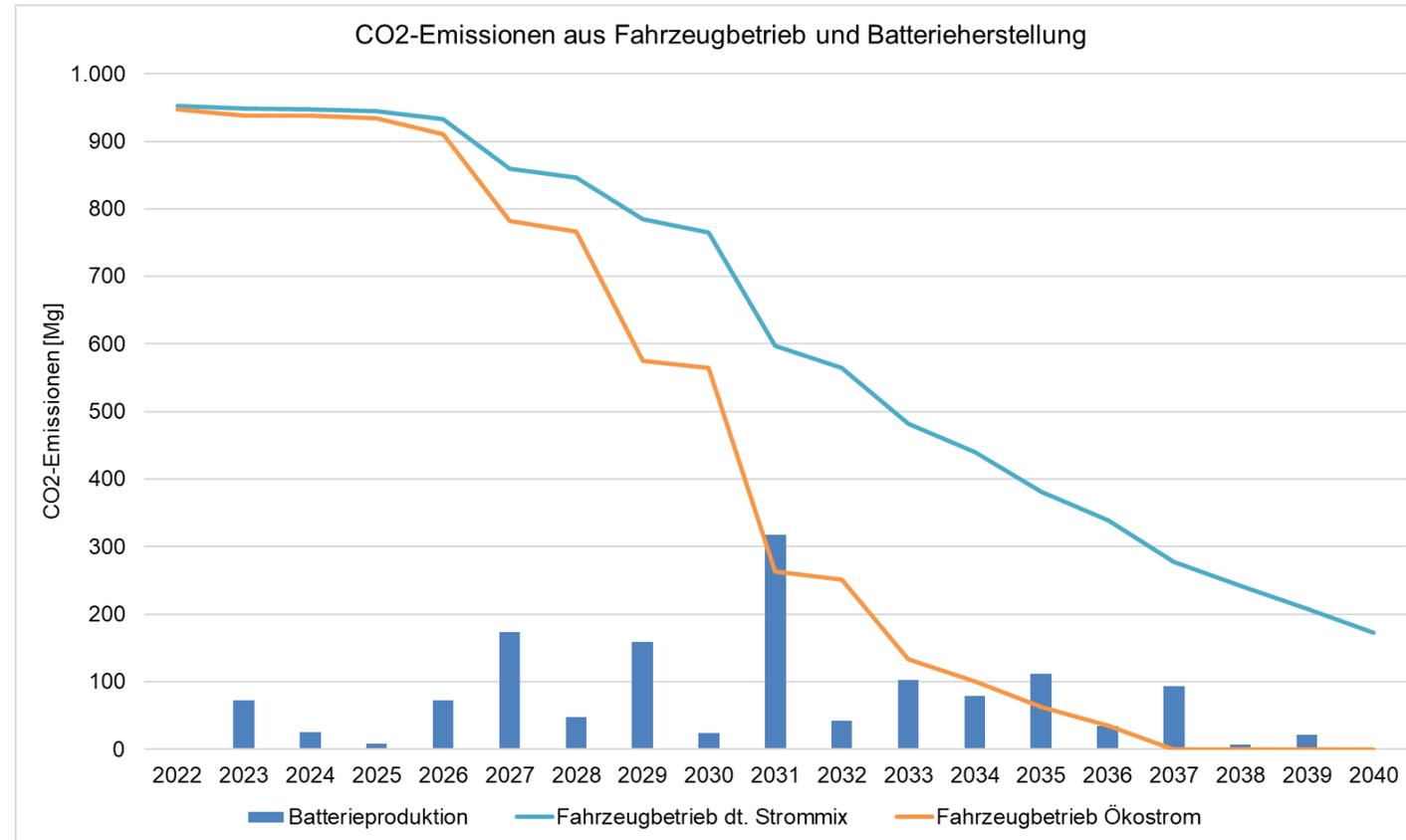
- An den Friedhöfen wird der Strombedarf zur Beladung der Fahrzeuge auf 8.000 bis 10.000 kWh/a ansteigen.
- Am Gebrauchtwarenhaus wird der Strombedarf auf etwa 6.000 kWh/a ansteigen
- Mit einem Lastmanagement kann die benötigte Leistung zur Ladung der Fahrzeuge mit einem Niederspannungsanschluss abgegriffen werden.



## 7. Emissionsbetrachtung Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

### ● Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen des Fuhrparks

- Kontinuierliche Abnahme bis 2040 \*
- Die Beladung der batterieelektrischen Fahrzeuge sowie die stromintensive Elektrolyse zur Herstellung von Wasserstoff wird wie folgt angenommen:
  - Annahme Strommix: abnehmende CO<sub>2</sub>-Intensität bis 0 g CO<sub>2</sub> / kWh in 2045
  - Annahme Ökostrom: 0 g CO<sub>2</sub> / kWh
- Für die Batterieherstellung wird die Produktion in Europa/Deutschland mit deutschem Strommix angenommen.
- Klimaneutralität lässt sich durch den Einsatz von BEV und FCEV mit Ökostrom bis 2037 oder mit einem CO<sub>2</sub>-freien Strommix bis 2045 erreichen.



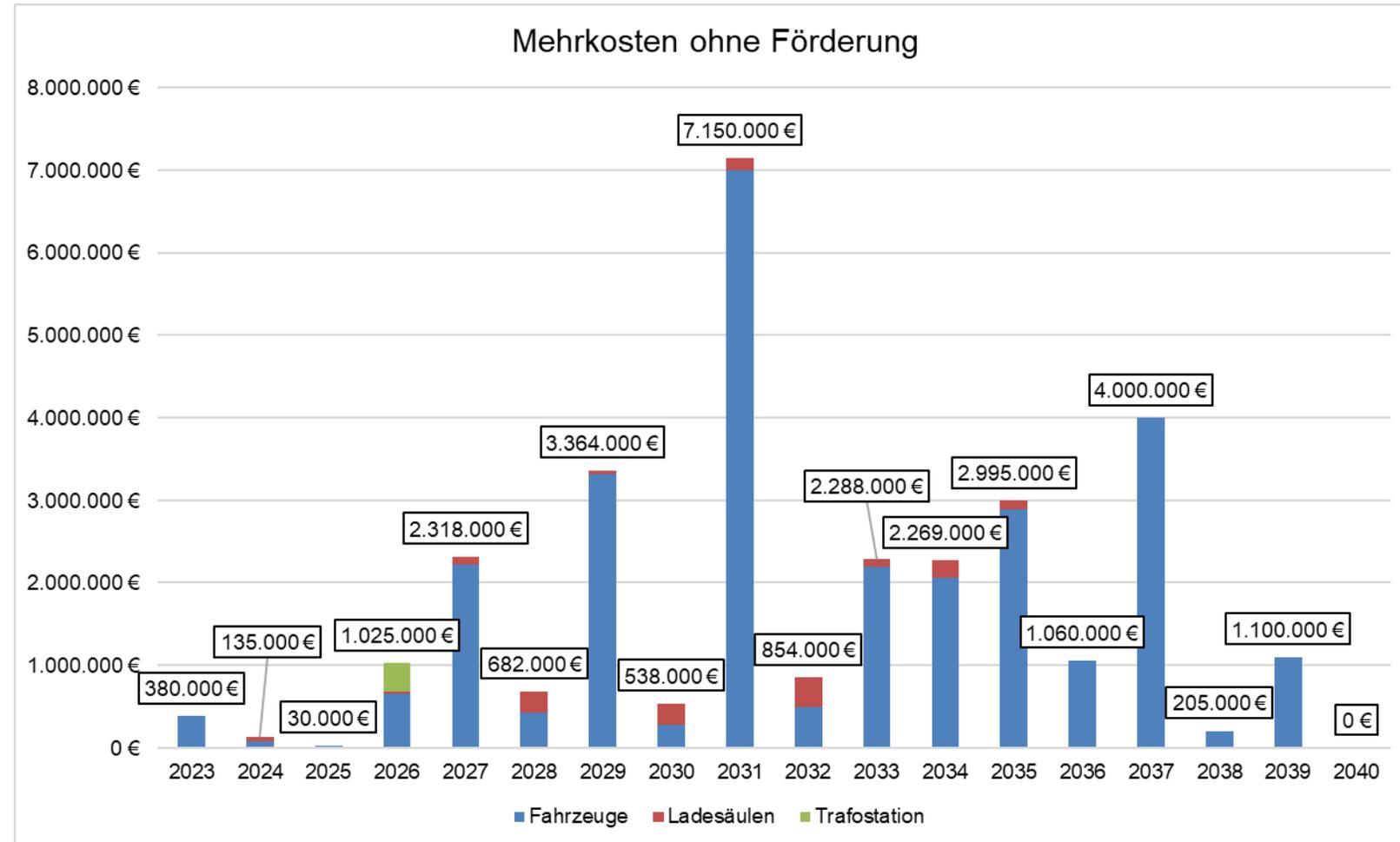
\* Betrachtung ohne Kleingeräte

## 8. Kostenbetrachtung

### Investitionsmehrkosten Fuhrparkumrüstung

#### ● Investitionsmehrkosten (ohne Fördermaßnahmen)

- enthalten sind:
  - Fahrzeuginvestitionskosten
  - Ladestationinvestitionskosten
  - Kosten Erweiterung Netzanschluss
- betrachtet werden zwei Austausche pro Fahrzeug (letzter Austausch in 2039)
- insgesamt ca. 30 Mio. € bis 2040

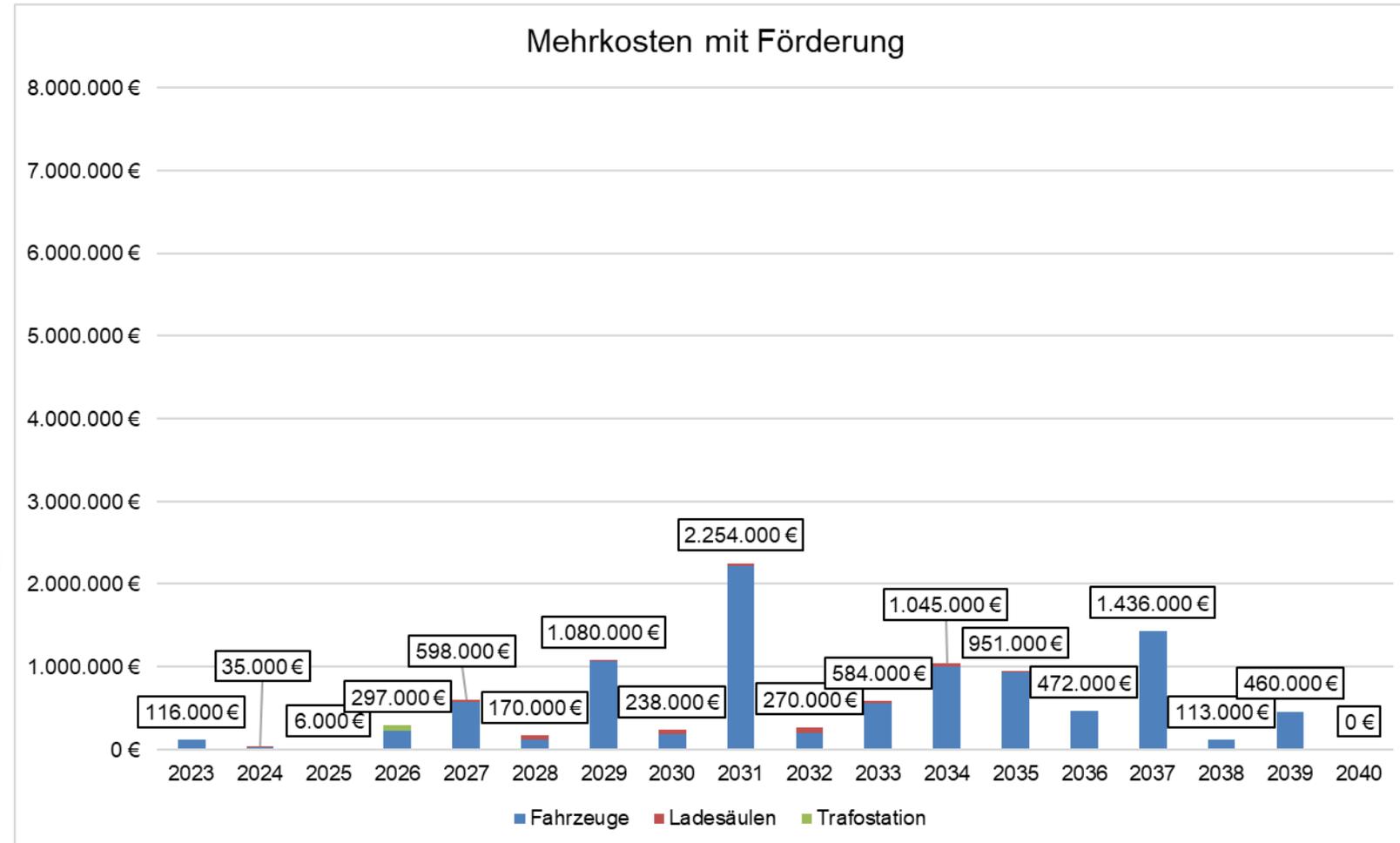


## 8. Kostenbetrachtung

### Investitionsmehrkosten Fuhrparkumrüstung

#### ● Investitionsmehrkosten (mit Fördermaßnahmen)

- enthalten sind:
  - Fahrzeuginvestitionskosten
  - Ladestationinvestitionskosten
  - Kosten Erweiterung Netzanschluss
- betrachtet werden zwei Austausche pro Fahrzeug (letzter Austausch in 2039)
- Als Fördersummen wurden die KsNI-Fördersätze angenommen (80 % Förderung der Mehrkosten, Deckelung je nach Fahrzeugtyp)
- insgesamt ca. 10 Mio. € bis 2040



## 9. Maßnahmenkatalog

### Es wird folgende Vorgehensweise empfohlen:

- Erweiterung der Anschlussleistung am Betriebshof (Mittelspannungsstation mit Trafo) bis 2026
- Installation der zum Laden erforderlichen Infrastruktur gemäß der dargestellten Ersatzbeschaffung an allen Standorten
  - Abstimmung der Vorgaben der Bauaufsichtsbehörde in Bezug auf Brandschutz etc.
- Klärung, wie Wasserstofffahrzeuge zukünftig betankt werden können (Wasserstoffinfrastruktur)
- Schrittweise Substitution der Fahrzeuge gegen Fahrzeuge mit alternativen Antrieben, wobei die Umstellung im Jahr 2026 beginnt
- Errichtung einer PV-Anlage auf neuer Halle
- Evaluation der durchgeführten Maßnahmen

# 10. Fazit

- Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie wurde ein Konzept für eine schrittweise Umstellung des Fuhrparks auf Fahrzeuge mit alternativen Antrieben erarbeitet.
- Es wurde ein „Fahrplan“ für eine schrittweise Umstellung des Fuhrparks auf Fahrzeuge mit alternativen Antrieben erarbeitet (Beginn der Umstellung: 2026).
- Abgestimmt auf die Entwicklung des Fahrzeugparks erfolgte die Erstellung eines Konzeptes für die Ladestelleninfrastruktur.
- Es wurden die erforderlichen Maßnahmen und Empfehlungen in Bezug auf die elektrische Anbindung der Standorte abgeleitet.
- Es erfolgte weiterhin eine Zusammenstellung der Investitionskosten. Ebenfalls wurden die Auswirkungen auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen dargestellt.
- Abschließend kann festgehalten werden, dass eine schrittweise Umstellung des Fuhrparks auf alternative Antriebe bis zum Jahr 2040 möglich ist.
- Für die bis zum Jahr 2040 erforderlichen Maßnahmen werden Investitionsmehrkosten in Höhe von ca. 30 Mio. Euro anfallen.

Herzlichen Dank!  
offene Fragen ?



**Ansprechpartner bei INFA:**

Projektleiter: Dr.-Ing. Thomas Böning  
Stv. Projektleiter: Nils Wallmeyer, M. Sc.

02382 964 511  
02382 964 513

boening@infa.de  
wallmeyer@infa.de