SimCityNet

Digitaler Zwilling zur Konzeption und Bewertung von E-Fahrzeugen in kommunalen Flotten

Frankfurt University of Applied Sciences
Research Lab for Urban Transport (ReLUT)

Prof. Dr. Josef Becker
Professor für Schienenverkehrswesen und öffentlicher Verkehr

Prof. Dr. Oliver Schocke
Professor für Logistik und Produktionsmanagement

M.Eng. Gérôme Löw
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Forschungsprojekt „SimCityNet“

- Interdisziplinäres Projektteam
  - Verkehrsunternehmen
  - Kommunale Akteure
  - Forschung Verkehr und Logistik
  - Kommunaler Entsorgungsbetrieb
  - Simulationsdienstleister
- Praxispartner:

SIMPLAN

HWG Hanau Wirtschaftsförderung GmbH

HSB Hanauer Straßenbahn GmbH

HIS Hanau Infrastruktur Service

HANAU STEHT AUF HYGIENE

- Projektlaufzeit: 01.08.2019 – 31.07.2021
- Förderung: Hessen Agentur (HA) im Rahmen der Förderung: “Stom bewegt - Elektromobilität Hessen”

HESSEN

Strom bewegt
Elektromobilität Hessen

Ziel

- Erstellen eines digitalen Zwillings des Hanauer Straßennetzes, mit dessen Hilfe sich Potenziale von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben im öffentlichen Personennahverkehr und bei kommunalen Entsorgungsbetrieben simulieren lassen.
- Identifikation einer betrieblich optimalen Größe der Fahrzeugflotte sowie Erfordernis und Verortung von Ladeinfrastrukturen
- Verringerung von Leerfahrten zur Reduzierung des CO2-Ausstoßes
- Konzeption von Umläufen und Touren angepasst an die Reichweite der Fahrzeuge
- Bewertung der Investitionen und Auswirkungen auf die Umweltverträglichkeit anhand verschiedener Szenarien

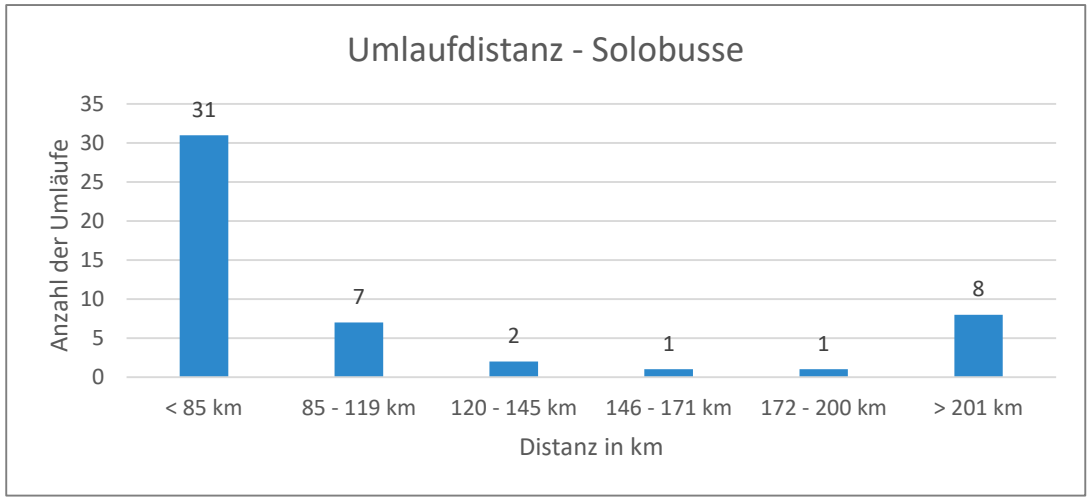
Hintergrund

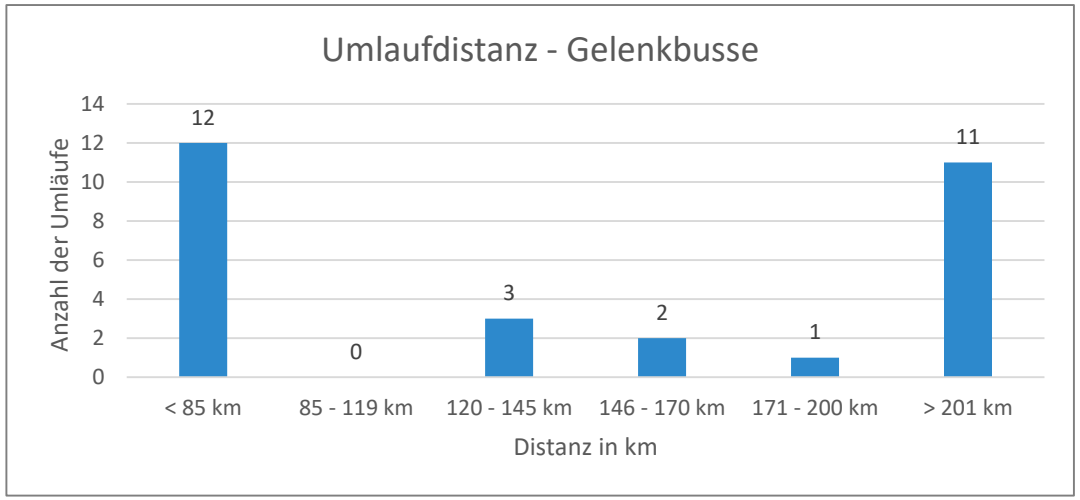
- Treibhausgasemissionen sollen in Deutschland im Vergleich zu 1990 bis 2030 um 55% reduziert werden
- Primärenergieverbrauch soll bis 2050 gegenüber 2008 halbiert werden
- Potenziale bietet Verkehrssektor durch Elektrifizierung von Kraftfahrzeugantrieben
- Schwerpunkt bisheriger Forschungsaktivitäten im Bereich Elektromobilität beim ÖPNV und kommunalen Entsorgungsbetrieben liegt auf der Erprobung von entsprechenden Fahrzeugen und Fahrzeugkonzepten in Pilotprojekten.
  - ➢ Weit schwieriger als der Test einzelner Fahrzeuge ist es zu bewerten, wie sich ein umfassender Umstieg von größeren Teilen oder gar der gesamten Flotte auswirkt.

Ergebnisse der Ist-Analyse und Konzeption der Soll-Szenarien

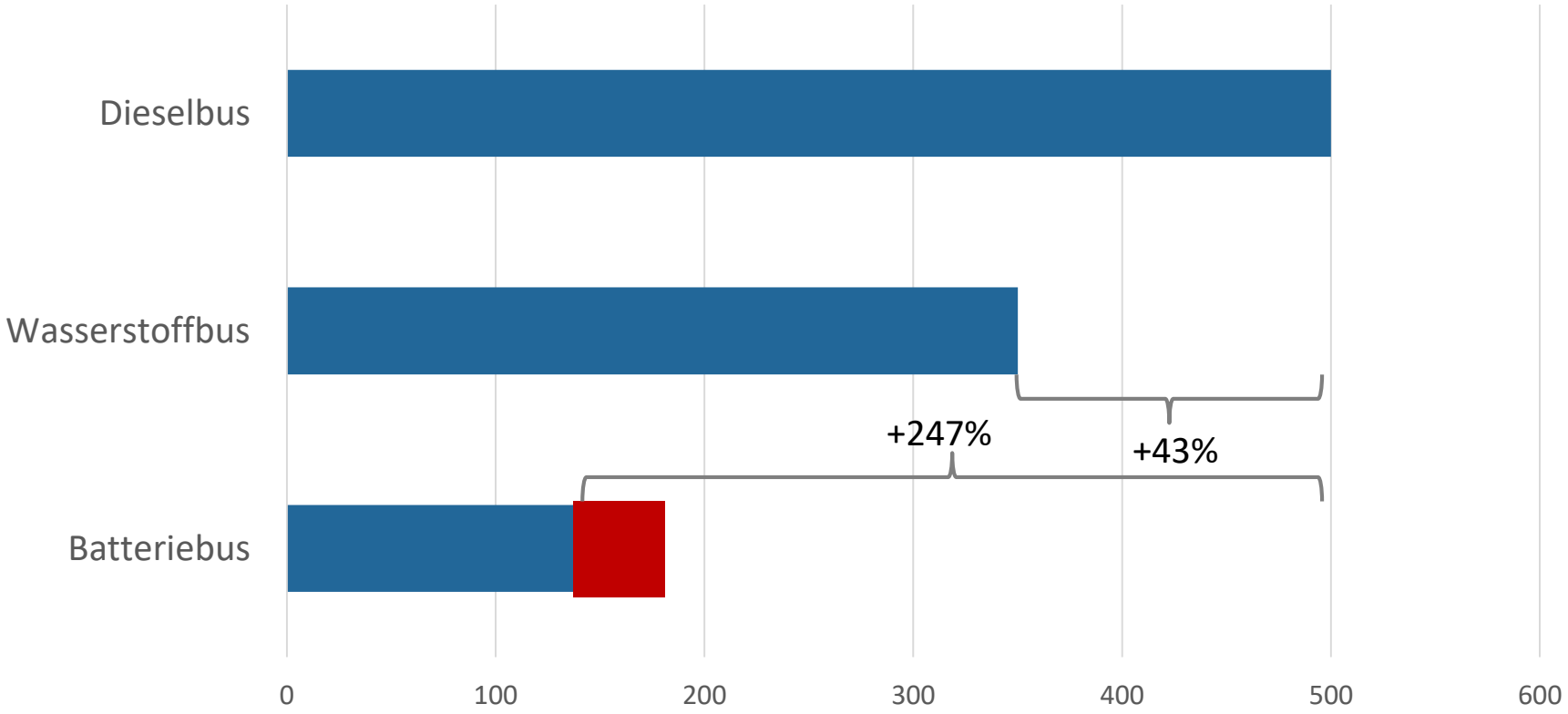
- Antriebstechnologie
  - HSB und HIS sehen Ihre Zukunft in batterieelektrisch betriebenen Fahrzeugen sowie Brennstoffzellenfahrzeugen
- Ladekonzept
  - Gelegenheitsladung aus betrieblicher und infrastruktureller Sicht ungeeignet
  - Ladeinfrastruktur nur auf dem Betriebshof (Ladestationen)
- Im Modell hinterlegte Einflüsse
  - Witterung/Temperatur
  - Abnahme der Batteriekapazität über die Jahre
  - Umlaufplanung

Status bestehende Umlauflängen





Fahrzeugreichweiten



Reichweite, die aufgrund der Ladestrategie (10%-90%) nicht genutzt werden kann

Datenstruktur Modell HSB

Eingabe Szenarienparameter

1 Eingabe Auswahlmöglichkeiten in Excel-Konfigurationsdatei

Eingangsdaten_Konfiguration

Tabelle *bus_options*	Tabelle *bus_battery_charge*
Tabelle *bus_fleet_IST*	Tabelle *bus_h2_charge*
Tabelle *bus_fleet_SOLL*	Tabelle *bus_facility*
Tabelle *bus_classification*	

2 Auswahl in der Simulationseingabemaske

Eingabe Betriebsdaten

1 Export der init-Datensätze und Ablegen in Modellordner

inputdata_init
- BlockElementType.dat
- BlockLayover.dat
- BlockStandElement.dat
- BlockValidDays.dat
- BlockVehicleJourneyElement.dat

2 Datenaufbereitung und Zusammenführung in Excel mit Power Query

Eingangsdaten_Init

3 Bereitstellung zusätzlicher Daten

inputdata_schuelerverkehre

Eingangsdaten_Umlauf_Fahrzeugtyp

Umlaufplanung

Ergebnis: Result_Umlaufplanung

Simulationsmodell

Parametrierung der Simulation anhand der Eingangsdaten

Gérôme Löw, M.Eng.

SimCityNet

Digitaler Zwilling zur Konzeption und Bewertung von E-Fahrzeugen in kommunalen Flotten

Schritt 1: Szenarioauswahl

Szenarioauswahl:
- ○ IST ⓘ
- ◉ SOLL

Energieträger: Soll-Szenario
- ☑ Diesel
- ☑ Batterie
- ☑ Wasserstoff

Simulationsstart: 21 | 9 | 2020 ⓘ

Vor

Hanauer Infrastruktur Service

HSB Hanauer Straßenbahn GmbH

HWG Hanau Wirtschaftsförderung GmbH

Frankfurt University of Applied Sciences

Ergebnisse HSB – SOLL-Szenario 100% Wasserstoff

Prämissen

- 100% Wasserstoff-Brennstoffzellenfahrzeuge
- Tankstelle auf dem Betriebshof mit 1 Zapfsäule
- Fahrzeug wird bei 50% SoC geladen
- Fahrzeug wird stets voll geladen (100% SoC)
- Mit freigestellten Schülerverkehren (Datensatz vor Corona-Jahr 2019)

Ergebnisse

- Keine Änderung der Umlaufplanung erforderlich
- Gleiche Anzahl an Fahrzeuge wie in IST-Szenario

Anzahl Gesamt	64
Anzahl Solobusse	38
Anzahl Gelenkbusse	26

Ergebnisse HSB – SOLL-Szenario 100% Batterie

Ergebnisse (mit Schülerverkehren)

Fahrzeug – Reichweite: 180 – 200 km

- Ohne Zusatzverbrauch durch Temperatureinfluss („Normaler Betriebstag“)

Anzahl Gesamt	76
Anzahl Solobusse	50
Anzahl Gelenkbusse	26

- Mit Zusatzverbrauch durch Temperatureinfluss

Anzahl Gesamt	99	93*
Anzahl Solobusse	63	57*
Anzahl Gelenkbusse	36	36*

* tatsächlich aktive Fahrzeuge

Fahrzeug – Reichweite: 300 – 350 km

- Ohne Zusatzverbrauch durch Temperatureinfluss („Normaler Betriebstag“)

Anzahl Gesamt	64
Anzahl Solobusse	38
Anzahl Gelenkbusse	26

- Mit Zusatzverbrauch durch Temperatureinfluss

Anzahl Gesamt	78	75*
Anzahl Solobusse	52	49*
Anzahl Gelenkbusse	26	26*

* tatsächlich aktive Fahrzeuge

Ergebnisse HSB – Mix-Szenario

Ergebnisse

BEV – Reichweite: 180 – 200 km

- Worst case mit Zusatzverbrauch im Winter-Szenario
- Mix
  - 70% BEV
  - 30% FCEV

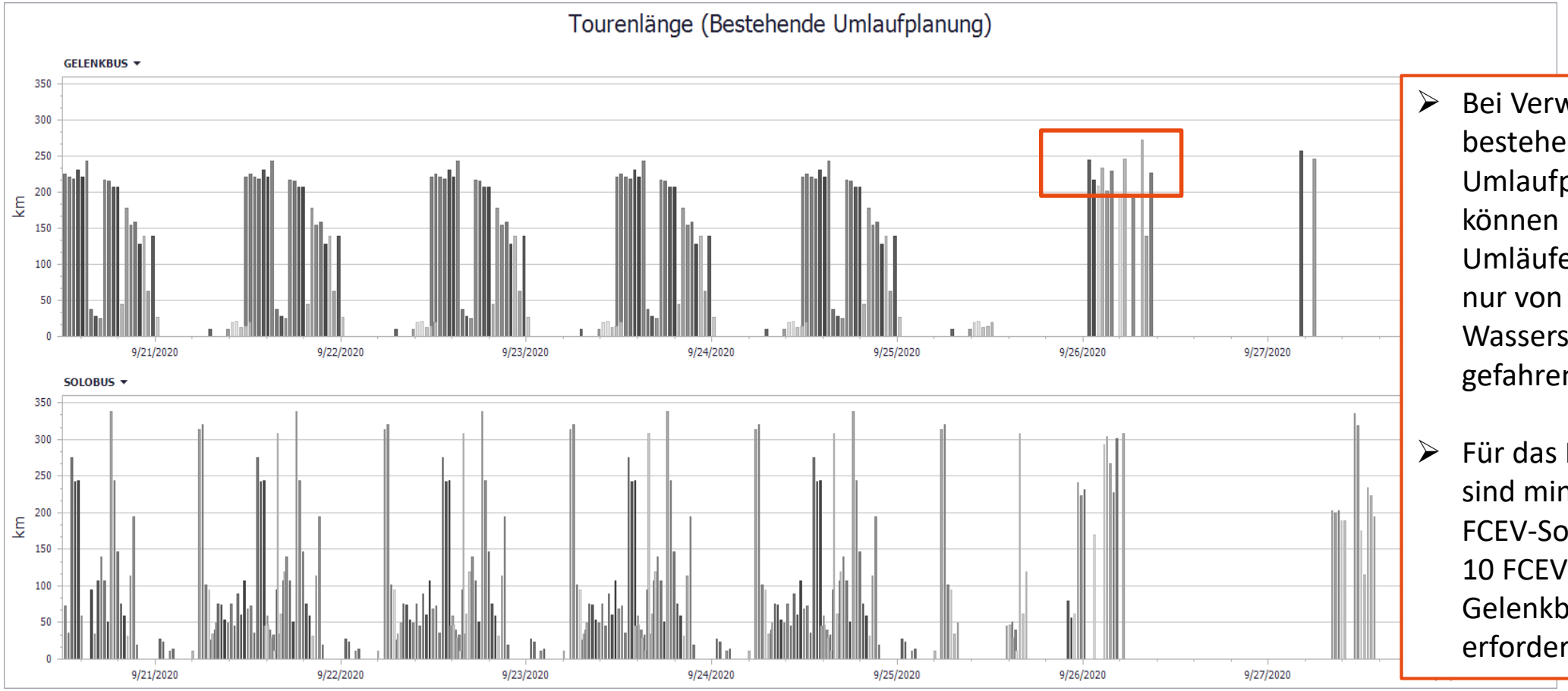
Anzahl Gesamt		77
Anzahl Solobusse	34 BEV	14 FCEV
Anzahl Gelenkbusse	22 BEV	7 FCEV

BEV – Reichweite: 300 – 350 km

- Worst case mit Zusatzverbrauch im Winter-Szenario
- Mix
  - 70% BEV
  - 30% FCEV

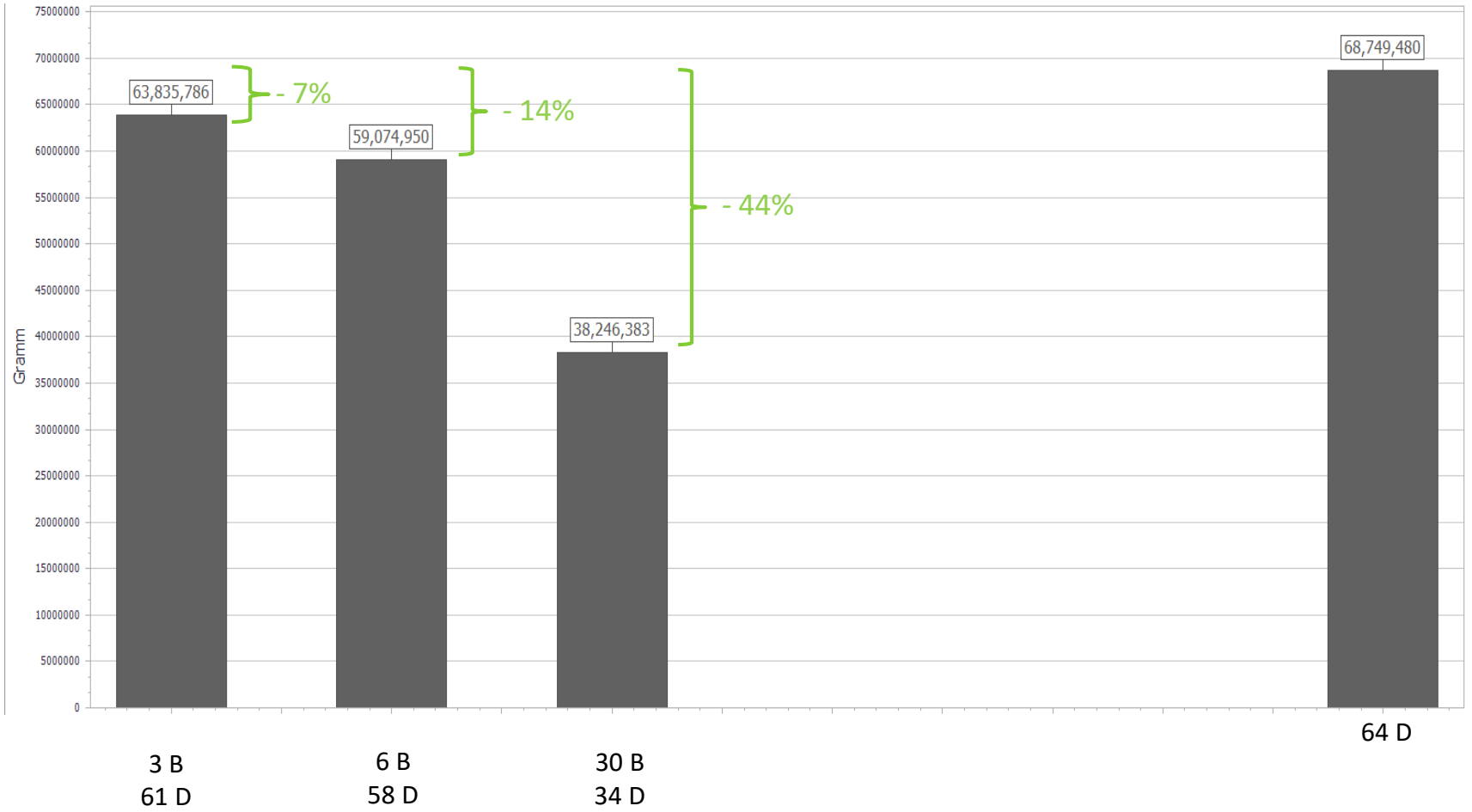
Anzahl Gesamt		64
Anzahl Solobusse	26 BEV	12 FCEV
Anzahl Gelenkbusse	16 BEV	10 FCEV

Ergebnisse HSB – Struktur bestehende Umlaufplanung



- Bei Verwendung bestehender Umlaufplanung können diese Umläufe im Winter nur von Diesel-/ Wasserstoffbussen gefahren werden
- Für das Mix-Szenario sind mindestens 9 FCEV-Solobusse & 10 FCEV-Gelenkbusse erforderlich

Ergebnisse HSB – Lokale CO_2-Emission (wöchentlich)



Fazit

- Interessante Ergebnisse für Hanau
  - Umstellung von konventionellem Antrieb auf Brennstoffzellen-Fahrzeuge führt zu keiner Abweichung im betrieblichen Ablauf
  - kurz- bis mittelfristig können eine Vielzahl an Umläufen in Verkehrsunternehmen von batterieelektrischen Fahrzeugen übernommen werden
  - Langfristiger Ausbau erfordert BEV mit 300 km Reichweite ohne signifikante Vergrößerung der Flotte
- Übertragbar auf andere Städte
  - Simulationsmodell kann für Unternehmen und Kommunen helfen frühzeitig Potenziale verschiedener Antriebstechnologien und Fahrzeugtypen zu identifizieren sowie gezielt Maßnahmen und Strategien zu entwickeln
  - Forschungsbedarf für Opportunity-Charging an Zwischen- bzw. Endhaltestellen bleibt offen

Vielen Dank!

Gérôme Löw, M.Eng.
Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Research Lab for Urban Transport
Frankfurt University of Applied Sciences
Tel.: +49 (0)69 1533-2357
E-Mail: gerome.loew@fb1.fra-uas.de
www.relut.de