

Begleitstudie EFLOG zum Innovationsfeld Gütermobilität
Wirkungspotenziale der Leistungsangebote neuer Fahrzeugtechnologien für die
Bedienungsangebote der Logistikdienstleister



Studienkonsortium:

Übersicht

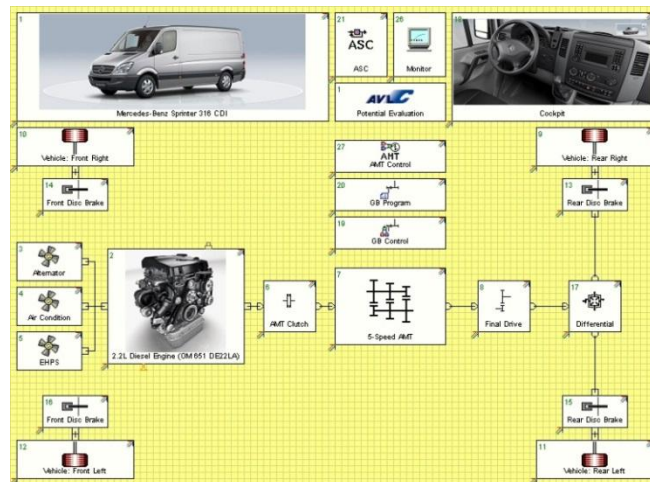
- ☐ Vorstellung der Projektpartner
- ☐ Projektansatz: Fokus und Aufgaben
- ☐ Projektablauf
- ☐ Methodische Erweiterung der Fahrzyklus-Simulation
- ☐ Verkehrslogistischer Daten-Input
- ☐ Ergebnisse der repräsentativen Fahrzyklensimulationen
- ☐ Verbesserungspotenziale fahrzeugseitig
- ☐ Antizipation technologisch-marktgerechter Handlungsfelder

Projektpartner und Team

ARGE-Partner	Hauptaufgabe im Vorhaben
AVL List GmbH, Graz Dr. Arno Huss, Dr. Peter Prenninger, DI (FH) Rolf Albrecht	Entwicklung der Fahrzeugtechnologie und Simulation von Fahrzyklen
ZT Dr. Heinz Dörr (arp-planning.consulting.research), Wien DI (FH) Andreas Romstorfer MA, Yvonne Toifl BSc, Viktoria Marsch Bakk.techn.	Konsortialführer und Projektleitung, Logistikbedienung im Güterverkehr, Fahrzeugmarkt, Einordnung in das Gesamtverkehrsgeschehen
Technische Universität Wien Department für Raumplanung Fachbereich Verkehrssystemplanung Ass.-Prof. Dr. Bardo Hörl, DI Monika Wanjek, Claudia Berkowitsch BSc	Infrastruktur für den Güterverkehr, Netzkapazitätsermittlung, Effekte auf die Umwelt
Energycomment GmbH, Hamburg Dr. Steffen Bukold	Energie- und Kraftstoffmarktanalyse und Ausblick

Fokus und Aufgabenstellung

- ❑ Antriebstechnologien und verkehrslogistischer Einsatz der Nutzfahrzeuge N1, N2, N3
- ✓ Effizienz der Nutzfahrzeugantriebe (Energieverbrauch & Emissionen)
- ✓ Charakteristik von Branchenlogistik-Systemen (Kundenorientierungen)
- ✓ Sequenzierung von Transportketten im Verkehrsnetz mittels branchentypischer Verkehrsgraphen (interne & externe Effekte)
- ✓ Effizienzbetrachtungen der weiteren Güterverkehrsträger (Bahn, Binnenschiff, Luftfahrt)
- ✓ Trendforschung Energie- und Kraftstoffmärkte (Kosten, Verfügbarkeit)
- Abschätzung von FTI-Potenzialen und Forschungsschwerpunkten



Parameter Lastanforderungen

Kenndaten Logistikprozesse

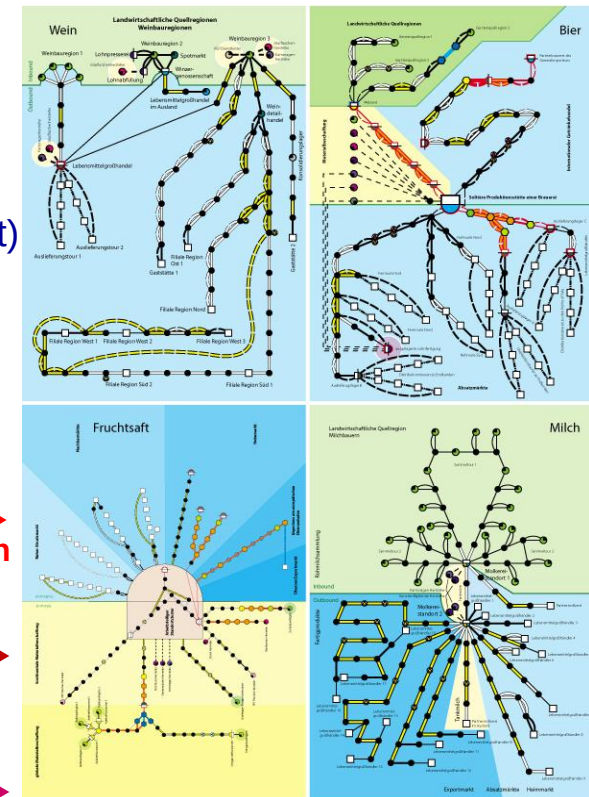
Fahrzyklen n. Nfz-Muster

Flotteneinsatz n. Bedienformen

Antriebsseitige Effekte

Innovations-Szenarien

FTI-Aktivitäten



Projektablauf:

1. Status-quo-Analyse (2013+):

Kurz- bis mittelfristige Technologieverfügbarkeit trifft auf Logistikprozesse im Trend (Warenflüsse in die Gütersenken)

Potenzial an **verkehrslogistischer Einsatzfähigkeit von Antriebsformen** in Nutzfahrzeug-Muster (NFZ)

2. Feasibility-Analyse (2020):

Kostenseitige Wettbewerbsbedingungen und verkehrspolitische Rahmensetzungen

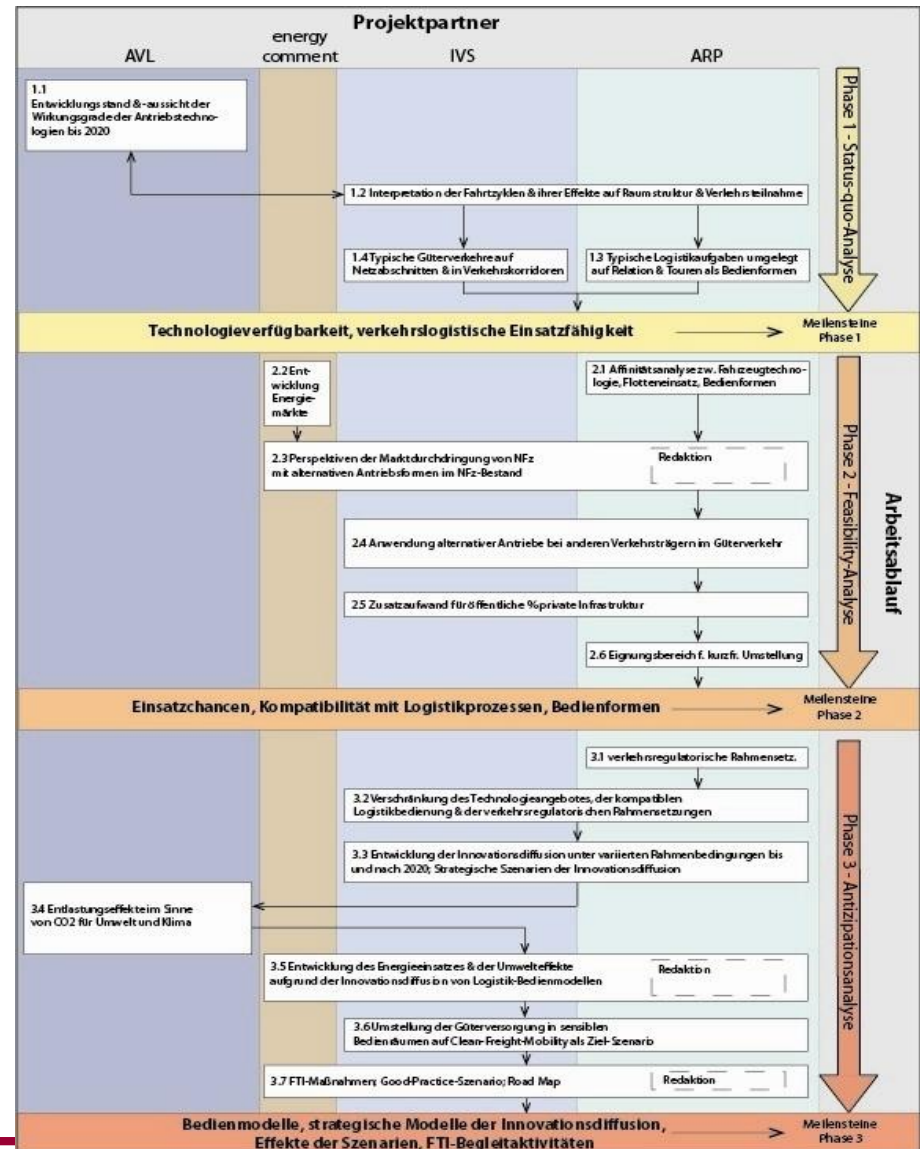
Affinitäten zwischen unterschiedlich angetriebenen NFZ und Flotteneinsatz in logistischen Bedienformen

Operabilität im Verkehrssystem unterschiedlicher Bedienräume bzw. Gütersenken

3. Antizipations-Analyse (2020+):

Simulation der Effekte in Szenarien der systemischen Innovationsdiffusion

Wege zu Good-Practices in prädestinierten Bedienbereichen als FTI-Strategie



Fahrzyklus-Simulationen

Zweck: Die FZS soll direkt vergleichbare Ergebnisse über den Energie- bzw. Kraftstoffverbrauch und den Emissionsausstoß (CO₂) über alle Antriebsarten für verkehrslogistische Einsatzformen erbringen und Erkenntnisse über die Antriebsstrategie erlauben.

Variiert nach Antriebsarten und verkehrslogistischen Randbedingungen:

- ❑ **3 Klassen von Nutzfahrzeugen** N1 (bis 3,5t), N2 (bis 12 t), N3 (über 12 t) korreliert mit
- ❑ **3 typischen logistischen Einsatzformen** N1-KEP-Tour, N2-LEH-Tour, N3-industrielle Zuliefertour mit branchenspezifischen Lieferzeitfenstern
- ❑ **3 Levels of Service** A, C, E und einem repräsentativen LoS = Verkehrszustand im Netz
- ❑ **2 Konventionelle Antriebe** mit Diesel oder CNG bei allen Fahrzeugklassen
- ❑ **Reine Elektrofahrzeuge** bei N1 und N2 (bis 12 t Gesamt- und 7,5 t Nutzlastgewicht)
- ❑ **3 typische Fahrzeugmuster** die für N1-KEP-Dienste, N2-LEH-Touren und im N3-industriellen Zulieferverkehr konventionell breit eingesetzt werden
- ❑ Bei N1-Fahrzeug: 2 Konventionelle, 1 Elektro, 7 Diesel-Hybride, 3 CNG-Hybride
= Σ **13 N1- Systemauslegungen**
- ❑ Bei N2-Fahrzeug ebenfalls **13 N2-Systemauslegungen** wie bei N1
- ❑ Bei N3-Fahrzeug: 2 Konventionell, 6 Diesel- und 6 CNG-Hybride
= Σ **8 N3-Systemauslegungen**

Modell des verkehrslogistischen Daten-Inputs in die Fahrzyklus-Simulation

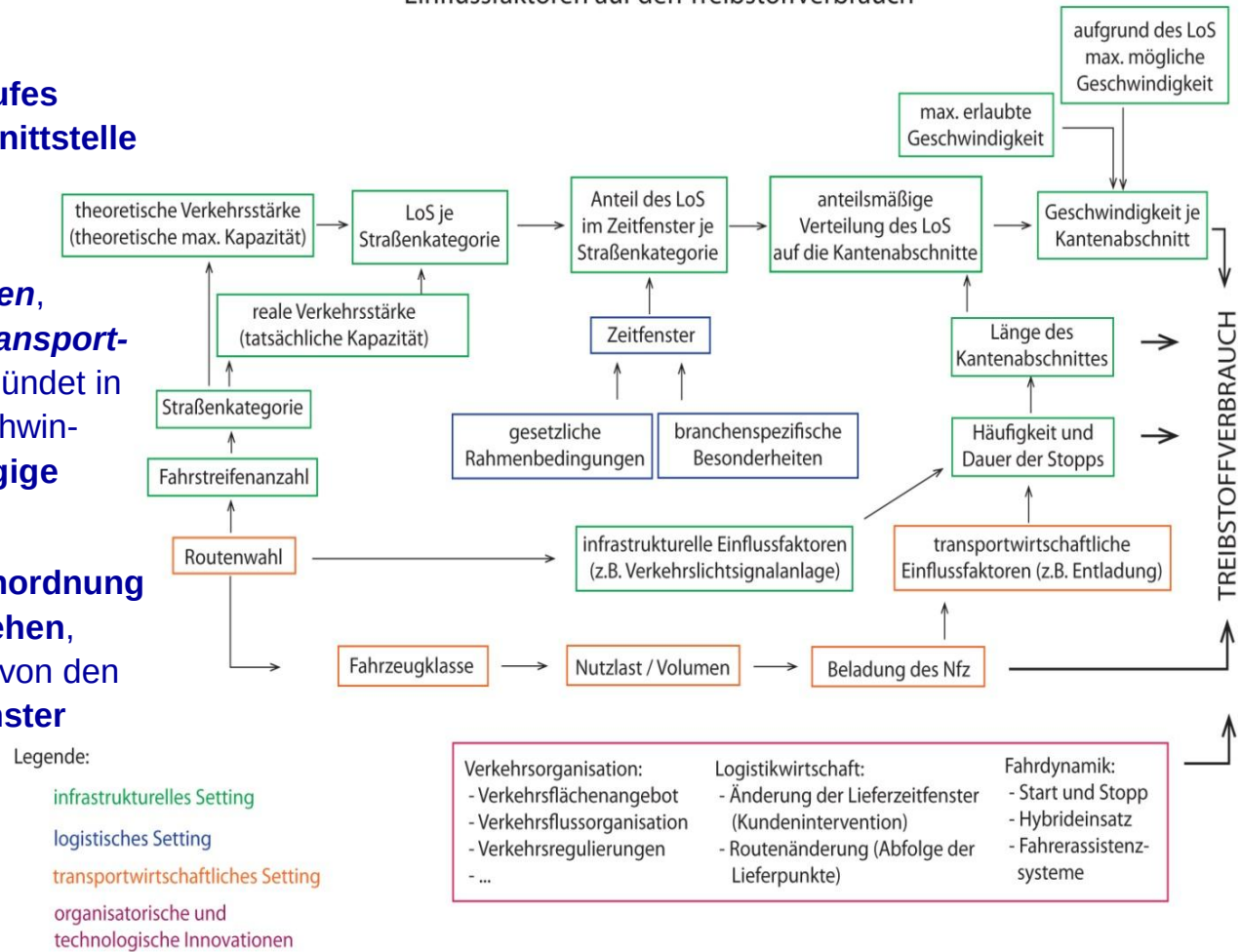
RESÜMEE :

Der **Fahrweg des Transportlaufes** gestückelt in Kanten ist die **Schnittstelle** zur Antriebssimulation.

Die Attributierung der Kanten entspringt dem **Infrastrukturellen**, dem **Logistischen** und dem **Transportwirtschaftlichen** Setting und mündet in der jeweils möglichen Fahrgeschwindigkeit, die eine **kanten-abhängige Fahrdynamik** nach sich zieht.

Diese Grundidee erlaubt die **Einordnung** in das **Gesamtverkehrsgeschehen**, indem die Fahrgeschwindigkeit von den **Verkehrszuständen im Zeitfenster** abhängig gemacht wird.

Einflussfaktoren auf den Treibstoffverbrauch



Streckenspezifische Inputfaktoren für die Fahrdynamik

Ziel: Aufstellung einer Modellstruktur für die streckenspezifischen Inputfaktoren der Fahrdynamik unter Berücksichtigung von:

- Verkehrstopographie (Befahrbarkeit von Straßenabschnitten aufgrund der Trassierungscharakteristik),
- Verkehrsregulierungen (Benutzungsbedingungen wie Schwerverkehrsbeschränkungen)
- regelmäßigen Verkehrszuständen (zeitlichen Schwankungen im Level of Service).

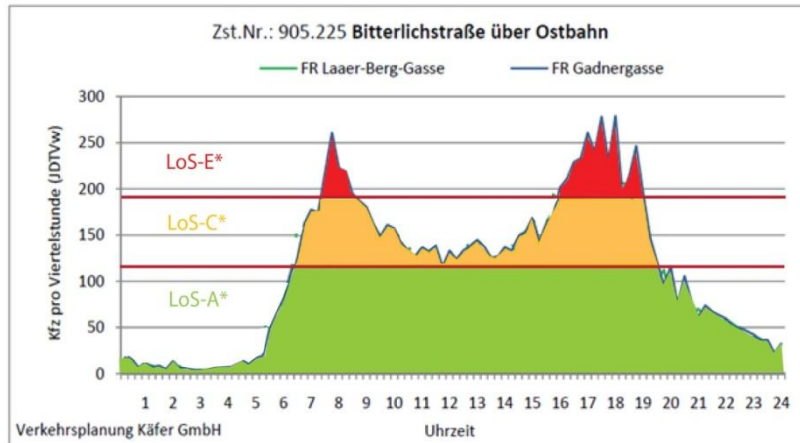
Aufgabenstellung:

- Verschneidung streckenspezifischer und fahrzeugspezifischer Inputfaktoren der Fahrdynamik zur Simulation unterschiedlicher Fahrzyklen
- Abschätzung des Zusammenhangs eingesetzter Fahrzeugtechnologie und Routenausprägung im Hinblick auf Energieverbrauch und Luftschadstoffemissionen

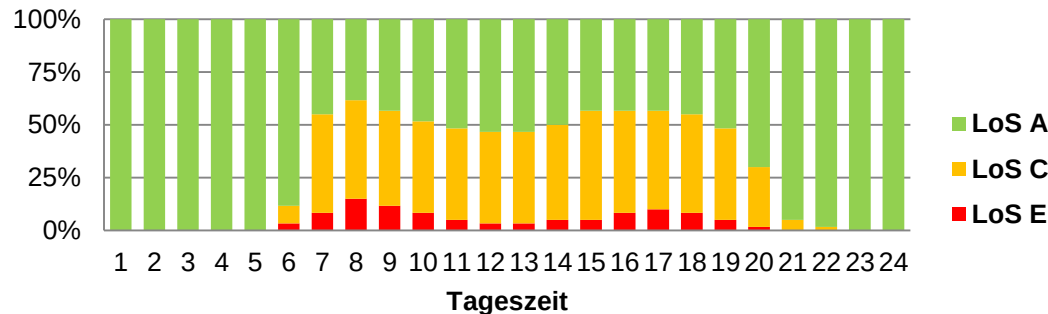
LoS-A*, -C* und -E* von einer Beobachtungsfahrt auf der Referenzstrecke der Mustertransportläufe



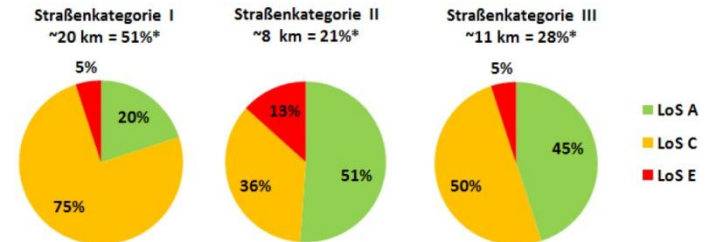
Ermittlung eines repräsentativen Level of Service



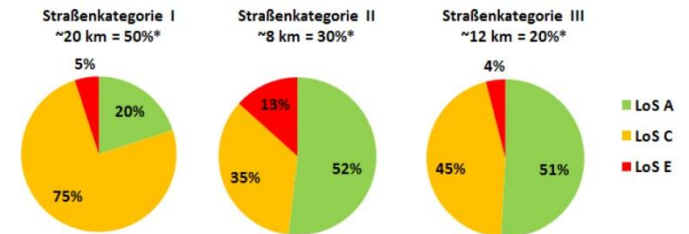
LoS im Tagesverlauf ausgewählter Zählstellen in Wien
(n = 60)



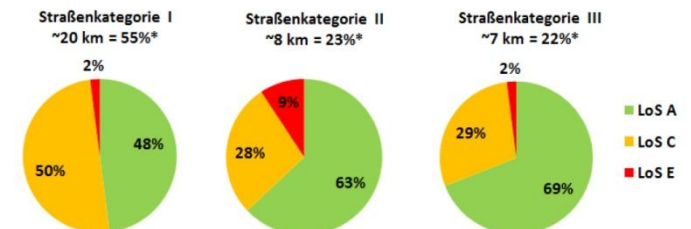
N1: LoS-Anteile im Zeitfenster 8-17 Uhr



N2: LoS-Anteile im Zeitfenster 6-20 Uhr



N3: LoS-Anteile im Zeitfenster 7-22 Uhr



* der Gesamtdistanz

Datengrundlage: Verkehrserhebung für Wien 2010, Verkehrsplanung Käfer GmbH

Konfiguration der Mustertransportläufe für die Fahrzyklensimulation

1. Auswahl einer repräsentativen Referenzstrecke für den Bedienverkehr
2. Auswahl der Nutzfahrzeugmuster für repräsentative Bedienverkehre
3. Auswahl repräsentativer Bedienverkehre mit charakteristischen Beladungszuständen und typischer Abschichtungsfolge
4. Auswahl in Frage kommender Antriebstechnologien für den Verbrauchs- und Emissionsvergleich in der 2. Fahrzyklensimulation

Strecke vom Zentrallager bis zum Beginn der Verteiltour

	N1 KEP-Tour	N2 LEH-Tour	N3 Zentrallager - Zulieferung
Zulässiges/tatsächliches Gesamtgewicht	3,5 t / 2,6 t	12 t / 8 t	40 t / 35 t
Nutzlastpotenzial	1,4 t	8,5 t	25 t
Tatsächliche Beladung	0,5 t	4,5 t	20 t



- alle 3 Mustertransportläufe verlaufen von Zentrallägern in Wr. Neudorf nach Wien 16
- N1: Vollladungslast bis zum 1. Point of Delivery (Haushalt), dann 34 Abschichtungen
- N2: Vollladungslast bis zum 1. Point of Sale, dann 9 Abschichtungen bei Supermärkten
- N3: Zulauf = Leerfahrt, Rücklauf = Ladungsfahrt oder umgekehrt

Systemauslegung Hybridisierung N2-Fahrzeug @ LEH Tour

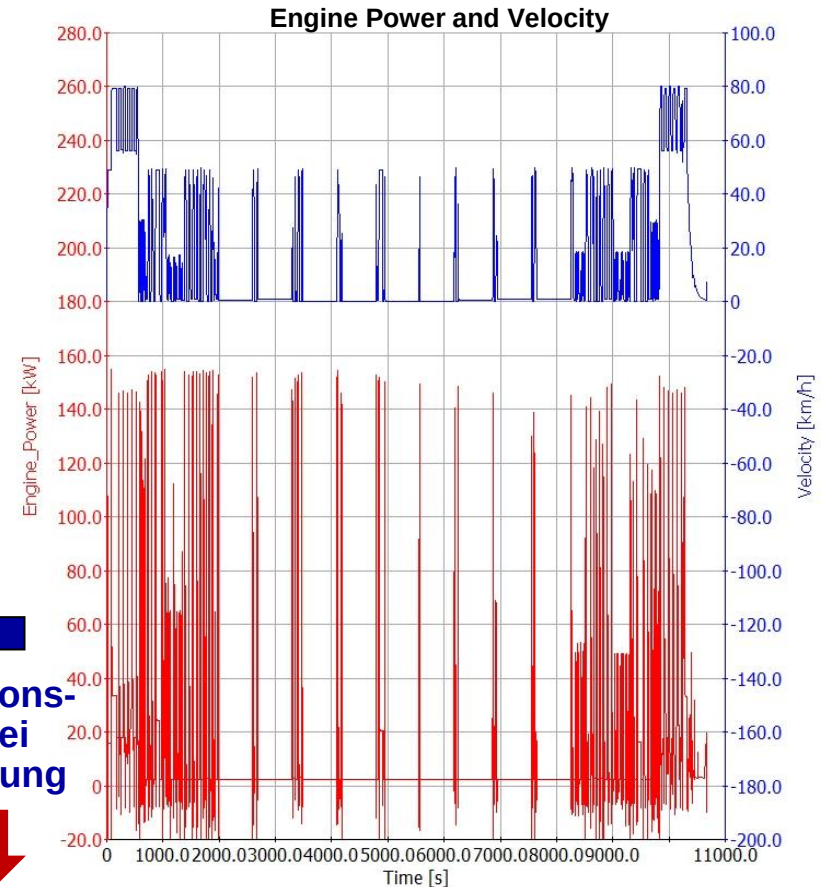
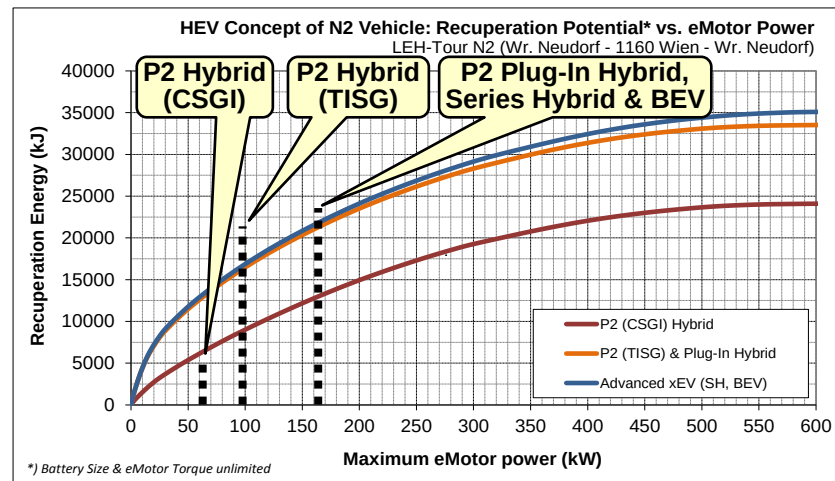
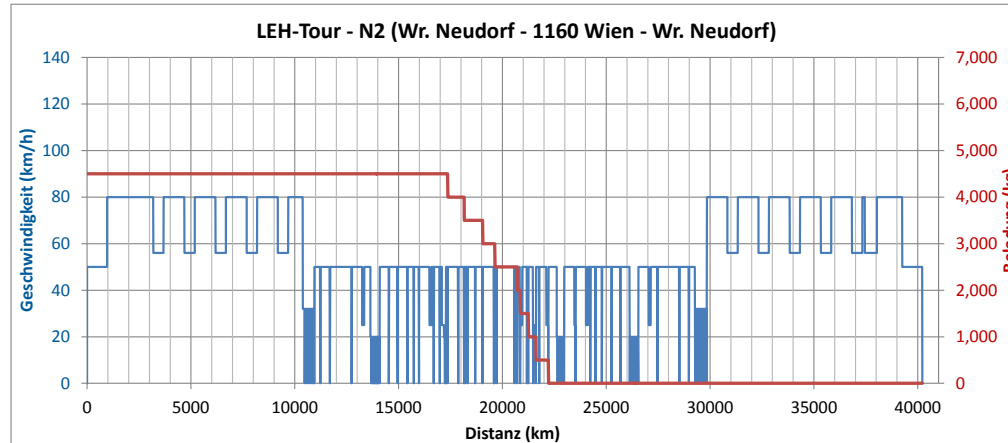
Leistungsangebote :

155 kW Motorleistung, Reichweite 550/650/100 km, Nutzlast 6,95 t bis 7,5 t

Fahrzeugvarianten und Komponenten N2	Kraftstoff	Systemleistung			Reichweite		Batteriesystem		Gewicht		
		Gesamt	VKM	E-Motor Spitzenleistung	Gesamt	Emissionsfrei	Technologie	Kapazität	Eigen-gewicht	Max. Zuladung	Referenz-Beladung
		kW	kW	kW	km	km	---	kWh	kg	kg	kg
Konventionell	Diesel	155	155	---	650	---	---	---	4,500	7,500	Eigen-gewicht + Variabler Beladungszustand: Start-Beladung 4500kg, 9 Abschnitteungen á 500kg, Ende 0kg
	CNG				550	---			4,700	7,300	
Start Stop	Diesel	155	155	---	650	---	---	---	4,500	7,500	
	CNG				550	---			4,500	7,500	
P2 (CSG I)	Diesel	155	155	40	650	---	Li-Ion	3	4,600	7,400	
	CNG				550	---			4,800	7,200	
P2 (TISG)	Diesel	155	155	80	650	---	Li-Ion	5	4,660	7,340	
	CNG				550	---			4,860	7,140	
Plug-In Hybrid	Diesel	155	155	155	650	220	Li-Ion	20	4,850	7,150	
Series Hybrid (Bestpunkt-Betrieb) (SH)	Diesel	155	50	MOT: 155 GEN: 50	650	80	Li-Ion	15	4,820	7,180	
Series Hybrid (Linien-Betrieb) (SH)	Diesel	155	155	MOT: 155 GEN: 155	650	80	Li-Ion	8	4,850	7,150	
Elektrofahrzeug (BEV)	Strom	155	---	155	100	100	Li-Ion	80	5,050	6,950	

Fahrzyklus-Simulationen: Ergebnisse im Antriebsvergleich (N2)

Verkehrslogistischer Dateninput → Simulation → Antriebsleistungsbedarf & Geschwindigkeitsprofil



Rekuperations-
potenzial bei
Hybridisierung

Nutzen der Hybridisierung: Kosteneinsparung,
Ressourcenproduktivität, Umweltentlastung

Fahrzyklus-Simulationen: Verbesserungspotenziale im Antriebsvergleich konventionell (Diesel, CNG), in Hybridvarianten und Elektrofahrzeug

Orientierungskennwerte für logistische, fahrzeugseitige und infrastrukturelle Maßnahmen:

- Verbrauchswerte in Energieeinheiten: MJ/100km
- Kraftstoffverbrauch: in l/100 km Diesel bzw. kg/100 km CNG
- CO₂-Emissionen: in gCO₂/km bzw. gCO₂-Äquivalente/km
- Des Weiteren z. B.: pro tkm reales Fahrzeug-Gesamtgewicht für repräsentative Tour

Fahrzeug-
maßnahmen

N2 DIESEL - LEH-Tour N2: (Wr. Neudorf - 1160 Wien - Wr. Neudorf) <i>Analyse und Auswirkungen der Verbesserungspotenziale durch neue/verbesserte Antriebstechnologien im Zeitraum bis 2020</i>	Kraftstoff Energie Verbrauch	Kraftstoff- verbrauch	CO ₂ - Emissionen	El. Energie Verbrauch inkl. Ladungs- verluste*	CO ₂ - Äquivalente Emissionen**	Summe Energie- verbrauch (Fuel + Elektrisch*)	Summe CO ₂ - Äquivalente Emissionen**	Verbesserungs- potential CO ₂ - Emissionen
	MJ/100km	l/100km	gCO ₂ /km	kWh/100km	gCO ₂ -Äq/km	MJ/100km	gCO ₂ -Äq/km	%
N2 Diesel Konventionell ('Aktueller Stand der Technik')	947.7	26.9	707.3	---	---	947.7	707.3	Referenz
Reduktion Fahrwiderstand (cw -10% & fr -5%)	930.2	26.4	694.2	---	---	930.2	694.2	1.8
Start & Stop Functionality	764.6	21.7	570.6	---	---	764.6	570.6	19.3
P2 (CSG I) Hybrid	714.0	20.3	532.9	---	---	714.0	532.9	24.7
P2 (TISG) Hybrid	665.7	18.9	496.8	---	---	665.7	496.8	29.8
Plug-In Hybrid P2 / Dual Energy Concept	137.8	3.9	102.9	25.9	50.9	230.9	153.8	78.3
Series Hybrid 1 ('Bestpunkt-Betrieb')	519.9	14.8	388.0	---	---	519.9	388.0	45.1
Series Hybrid 2 ('Linien-Betrieb')	558.6	15.9	416.9	---	---	558.6	416.9	41.1
Elektrofahrzeug (BEV)	---	---	---	69.7	7.4	251.1	137.4	80.6

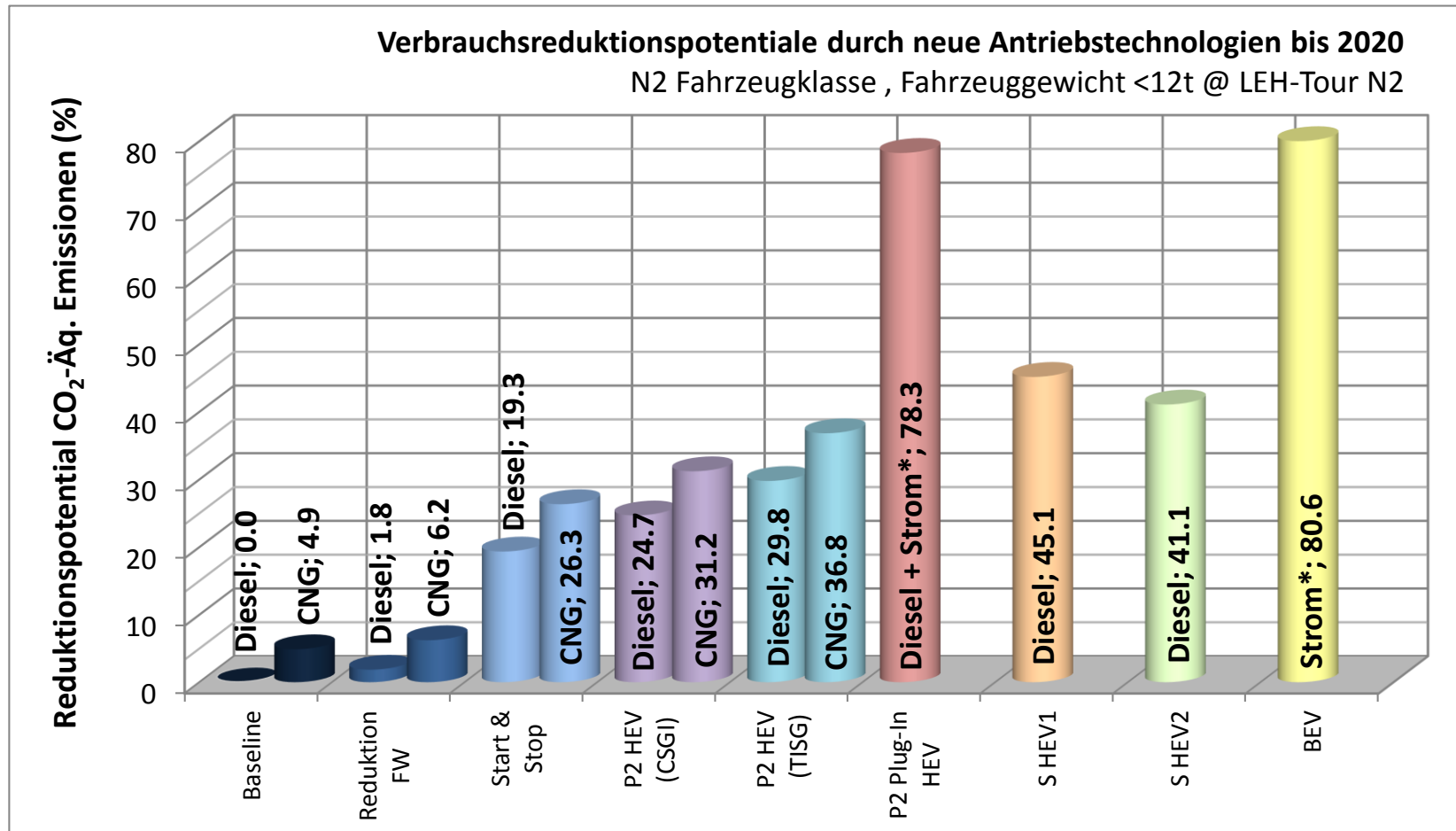
N2 Fahrzeug mit 5.1L TDI Diesel Motor, AMT6, verbrauchsorientiertes Schalten, GVW <12t

*) El. Energie Werte inkl. Recharging Wirkungsgrad von 85% (2020) **) Strom-Mix Österreich (inkl. Import) 197gCO₂-Äq/kWh für 2012 (Österreichische Bundesregierung, Symposium Energieinnovation, 16.02.2012)

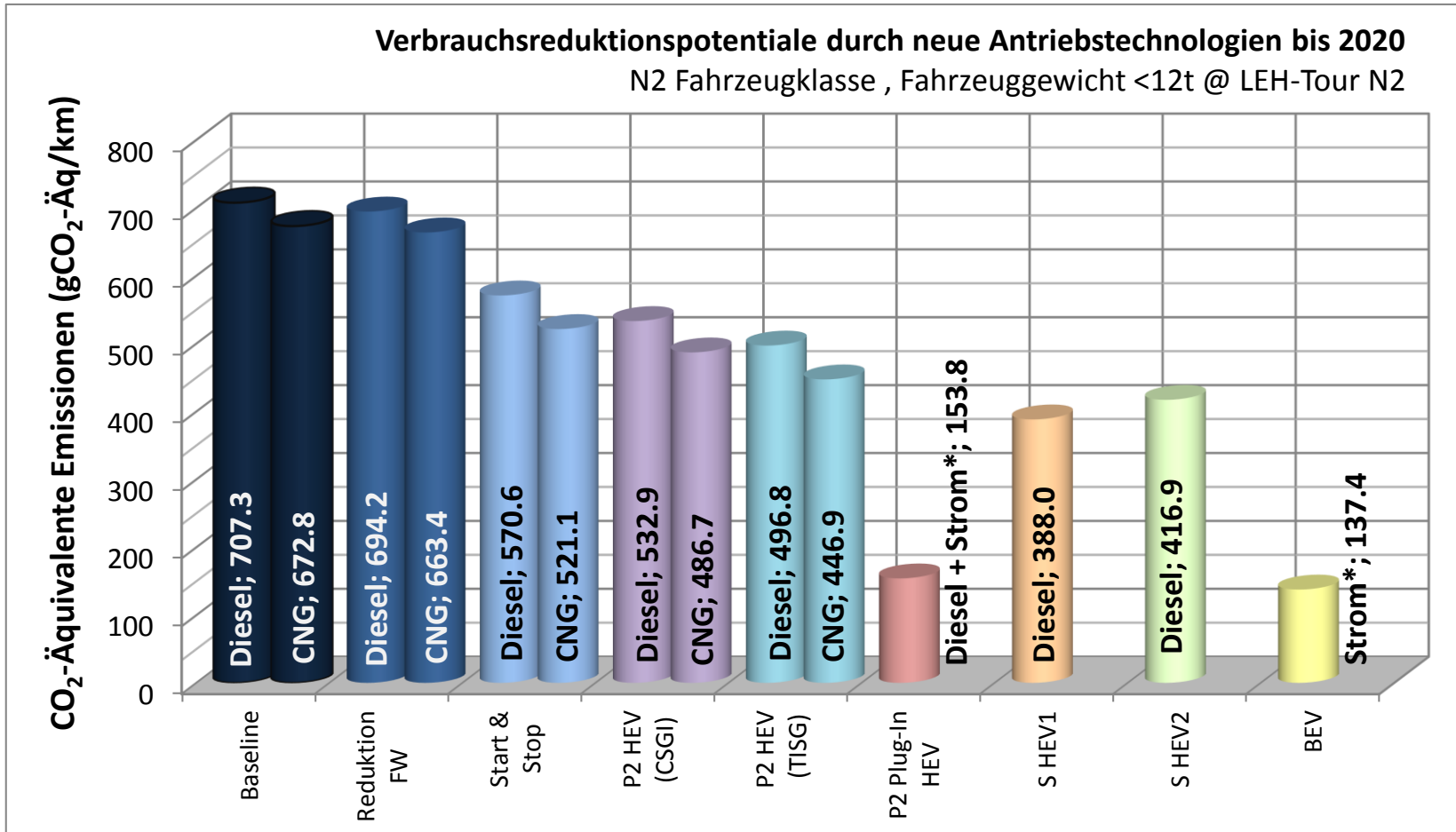
Rein elektrisches Fahren

zusätzliche Hybridisierung

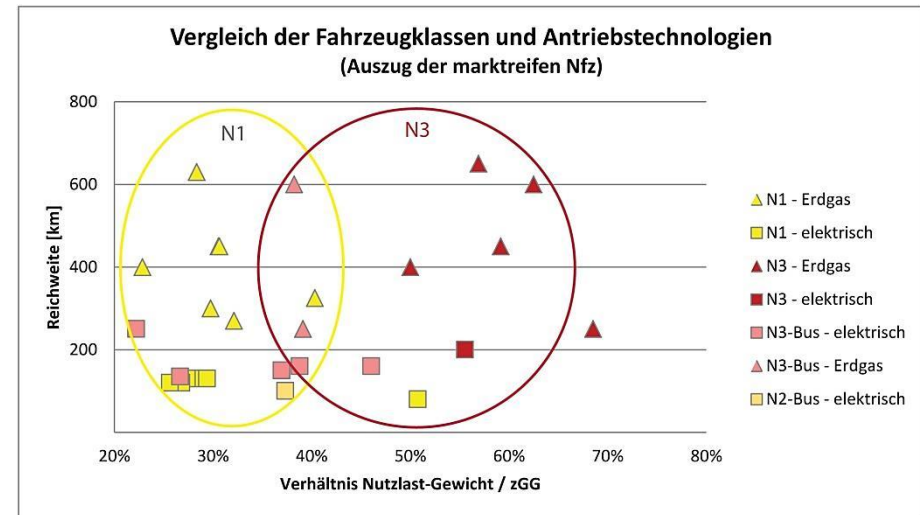
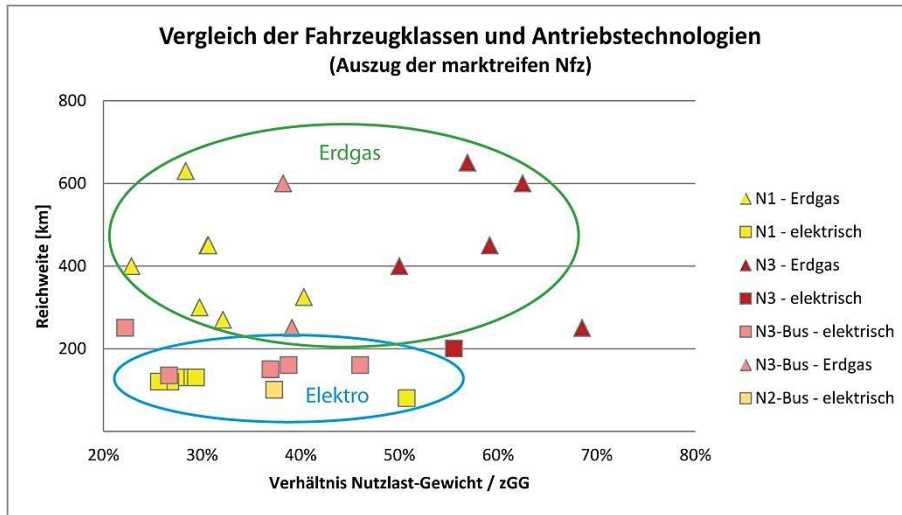
Fahrzyklus-Simulationen: Verbrauchsreduktion im Antriebsvergleich



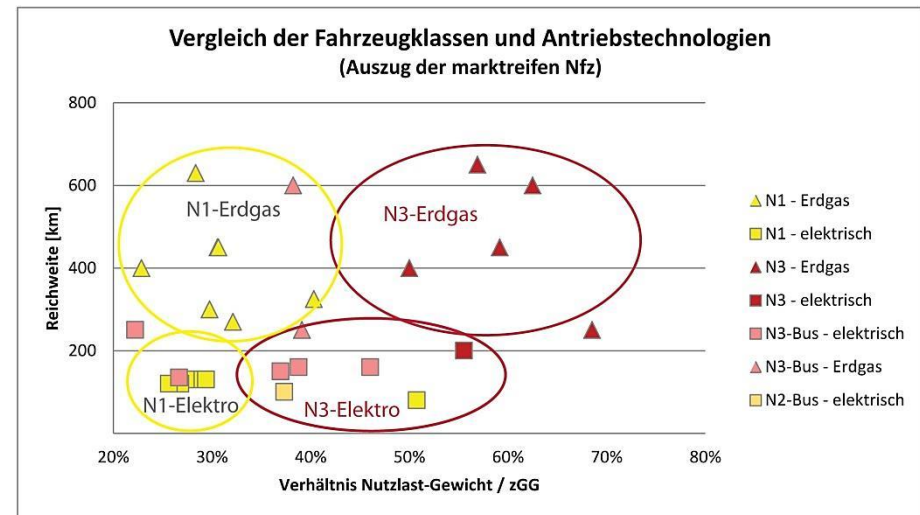
Fahrzyklus-Simulationen: absolutes CO₂-Reduktionspotenzial



Einsatzfähigkeit marktreifer Erdgas- oder Elektro-Nutzfahrzeuge



- N2-Fahrzeuge werden kaum angeboten
- Elektro-Fz geringere Reichweite als Erdgas
- Je “kleiner und leichter” desto schlechter ist das **Nutzlast- / Gesamtgewichtsverhältnis (zGG)** von N1-Elektro (28%) gegenüber N1-CNG (38%), N2-Elektro (58%) gegenüber N2-CNG (61%)
- ABER: je kleiner desto weniger wird die Gewichtsauslastung logistisch angestrebt (Personenwirtschaftsverkehr, KEP-Dienste...)



Antizipation technologisch-marktgerechter Handlungsfelder

HERAUSFORDERUNGEN 2014+:

- Vielfalt der Entwicklungsstränge überblicken
- Unübersichtlichkeit der Angebotsentwicklung
- Unsicherheit über Marktfähigkeit von Fz-Innovationen
- Notwendigkeit zukunftsfähigen Handelns
- Faszination technologischer Fortschritte umsetzen
- Verschiedene Geschwindigkeiten der Migration und Einstiegsschwellen (“Brückentechnologien”)

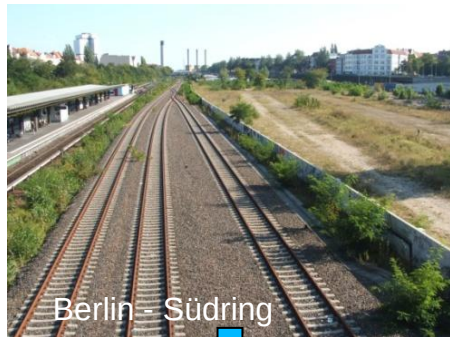


HANDLUNGSFELDER: **TRENDS, ERWARTUNGEN, ZEITHORIZONTE, ANGRIFFSPUNKTE, STRATEGIEN**

- **fahrzeugseitig (technologisch)**: länger, höher, (reich)weiter, günstiger, nutzbarer, emissionsärmer, sicherer,...
- **verkehrsträgerseitig (systemisch)**: Vernetzungen (connected cars, (halb)autonomes Fahren) von Fahrzeugen, Fahrwegen, Netzknoten, Hubs, Personal, Informationen, Wartung, Instandhaltung, Rastplätze, Betankung, Laden (konduktiv, induktiv), Bevorzugungen, Beschränkungen, Bündelungen, Interoperabilität, Multimodalität
- **infrastrukturseitig (physisch)**: Trassierung, Verkehrsflächenaufteilung, Sonderfahrstreifen, Verkehrsflusssteuerung, Energieübertragung, Tankstellen, Ruheplätze, Lieferstationen und Ladezonen, Umschlaganlagen....
- **einsatzseitig (verkehrslogistisch)**: kooperative City Logistik, Smart City Mobility, Tourenplanung, kleiner/öfter vs. schwerer/ konzentrierter, Standortnetz, Franchising, Out- vs. Insourcing, Kontraktlogistik, KMU, Arbeitsteilung,
- **humanseitig (psychologisch)**: Fahrerassistenzsysteme, autonomes Bewegen, Haftung, Sicherheitsgefühl,

Eisbrecher, Angriffs- und Knackpunkte

Konversion eines früheren
Bezirksgüterbahnhofes an
wiederhergestellter Güterstrecke
zur emissionsfreien Waren-
versorgung des Stadtteiles ?



“Innovationsgeburtshelfer”:

z.B. Synergien mit Hilfe von:

- anderen Verkehrssektoren ++
- gemeinsamer Infrastruktur +++
- mindergenutzter Infrastruktur +
- brachliegenden Standorten ++
- spezifischen Gütersenken +++
- geeigneter Lieferorganisation ++
- Smart-City-Planungen +++
- “Energiewende” ++
- Masterplanungen Mobilität +
- Motiven zur Frühanwendung ++
- “Kümmerern”, Aktivisten ++
- Betreiber(modellen) ++++
- Betriebsmodellen (Fuhrpark) ++++
-weiterem?

Elektrobus Wiener Linien



Vergleichbares Nutzlastgewicht, ähnliche Abfolge der Haltestelle = Lieferstationen, vergleichbare Fahrleistung pro Kurs = Tour, ähnliche Fahrstrecke wie bei Innenstadtlogistik (in Wien mit Oberleitung realisiert, in Braunschweig mit Induktionsstreifen an den Endhaltestellen geplant)