

# Analyse von On-Demand ÖPNV als Bahnhofszubringerverkehr im urbanen und ländlichen Raum

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt  
Institut für Verkehrssystemtechnik

Benedikt Scheier (DLR)

Filiz Kurt (DLR)

Evnika David (DLR)

Tim Ole John (TU Braunschweig)



Wissen für Morgen



# DLR – Verkehrsforschung zu Intermodalität

Bildquelle: DLR

Aufbau des Vortrags:

- Motivation
- Methodisches Vorgehen
- Modellierung und Simulation
  - Städtisches Wohnquartier
  - Ländlicher Raum
- Ergebnisse und Ausblick



# Motivation On-Demand-Mobilität



So könnten die neuen Minibusse aussehen. Sie sollen vom Design her den Enno-Zügen ähneln, die zwischen Wolfsburg, Braunschweig und Hildesheim fahren und ebenfalls dem Regionalverband gehören. FOTO: REGIONALVERBAND

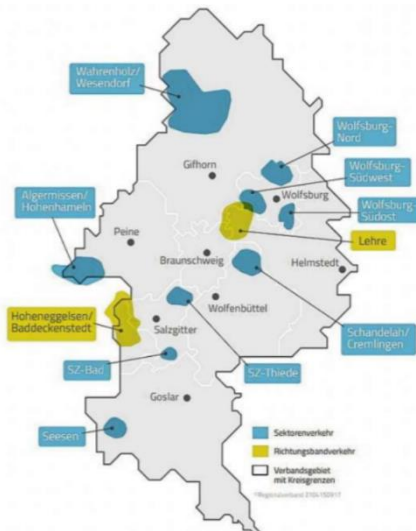
„Wir haben zwölf Förderanträge gestellt, hoffen auf etwa sieben Millionen Euro vom Land Niedersachsen.“

Ralf Sygusch  
Direktor des Regionalverbands

„Guter Nahverkehr hat kurze Wege, kurze Wartezeiten. Mobilität gehört zur Daseinsfürsorge – gerade auf dem Land.“

Detlef Tanke  
Vorsitzender des Regionalverbands

Quelle: Braunschweig Zeitung, 20. Mai 2021



Quelle: CC BY-SA 4.0, [https://en.wikipedia.org/wiki/Waymo#/media/File:Waymo\\_Chrysler\\_Pacifica\\_in\\_Los\\_Altos,\\_2017.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Waymo#/media/File:Waymo_Chrysler_Pacifica_in_Los_Altos,_2017.jpg)



Quelle: DLR

## Heute

Einführung On-Demand ÖV zur **Ergänzung des Linienverkehrs** bei schwacher Nachfrage

## Zukunft

Autonome Fahrzeuge für einen **hoch verfügbaren, ressourcenschonenden ÖV** in urbanen und ländlichen Räumen

Technologische Innovationen müssen

- **ökonomisch tragfähig(er) sein**
- **von der Gesellschaft (größtenteils) akzeptiert werden**
- **einen wesentlichen Beitrag zur Bewältigung der Klimakrise leisten**



# Methodisches Vorgehen

## Analyse anhand Key-Performance-Indikatoren (KPI)

**Tabelle 1: Indikatoren zur Analyse der Verkehrs- und Betriebssimulationen von On-Demand-ÖV (Quelle: DLR)**

Stakeholder	Indikator	Beschreibung
Reisende	Anteil nicht bedienter Anfragen	Anteil der Fahrgäste, die nicht bedient werden können, da kein Fahrzeug zur Verfügung steht und die Grenzwerte überschritten worden sind (maximale Zeit zur Bestätigung einer Fahratanfrage)
	Fußweg (Distanz)	durchschnittlicher Fußweg vom Start-/Zielpunkt von und zur nächstgelegenen Haltestelle
	Vorbuchungszeit	Zeit, zwischen Buchung der Fahrt und der tatsächlichen Abholung durch das Fahrzeug
	Fahrtlänge	Länge des zurückgelegten Weges eines Fahrzeuges zwischen der Abholung des Reisenden bis zum Ausstieg
	Fahrt	Dauer der Fahrt für den Reisenden
Verkehrsbetreiber	Fahrzeug-Km Gesamt	Gesamtlänge der zurückgelegten Strecke aller in Betrieb laufenden Fahrzeuge
	Anteil Leerfahrten	Anteil der Leerfahrtzeit an der Fahrtzeiten aller in Betrieb laufenden Fahrzeuge
	Anteil Standzeiten	Anteil der Standzeiten aller in Betrieb laufenden Fahrzeuge
	Belegungsgrad	Auslastung der Fahrzeuge: Personenkilometer je Fahrzeugkilometer



# Methodisches Vorgehen mikroskopische Verkehrs- und Betriebssimulation

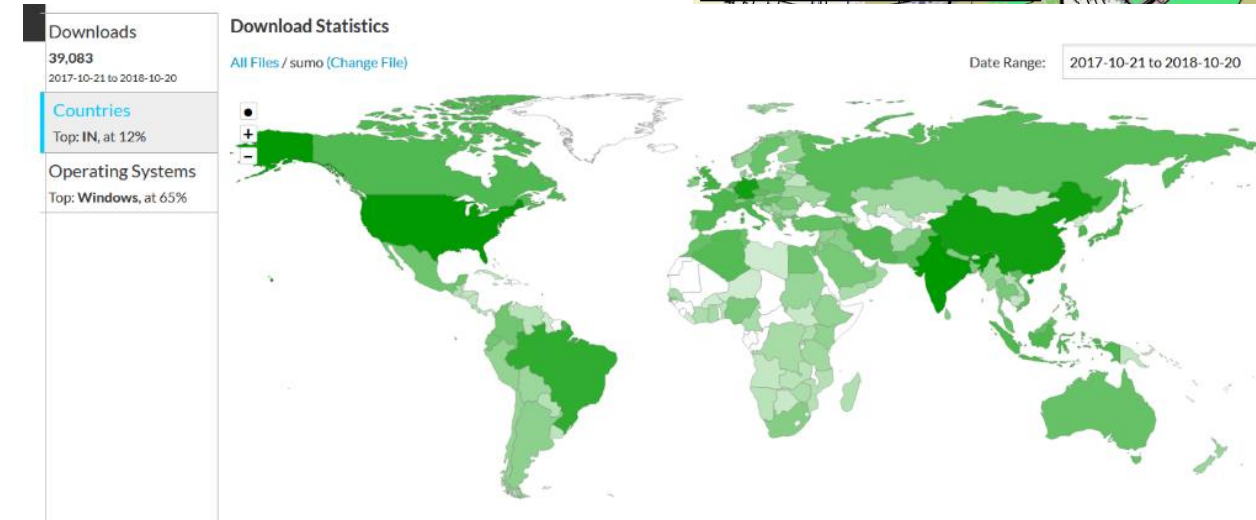
## SUMO – Simulation of Urban MObility<sup>1</sup>

- Werkzeugbaukasten zur Erstellung, Durchführung und Auswertung von Simulationsszenarien
- Agenten-basiert, mikroskopisch, multimodal, intermodal
- PKW, LKW, Busse, ÖPNV, Bahn, Schiffe, Fußgänger, Radfahrer...
- Analyse von Reisezeiten, Sicherheit, Emissionen, Energieverbräuche, ...
- Multi-Plattform, Open Source
- Seit 2001 in ständiger Entwicklung am DLR
- weltweite Nutzung, vor allem in der Wissenschaft →

• <https://sumo.dlr.de>



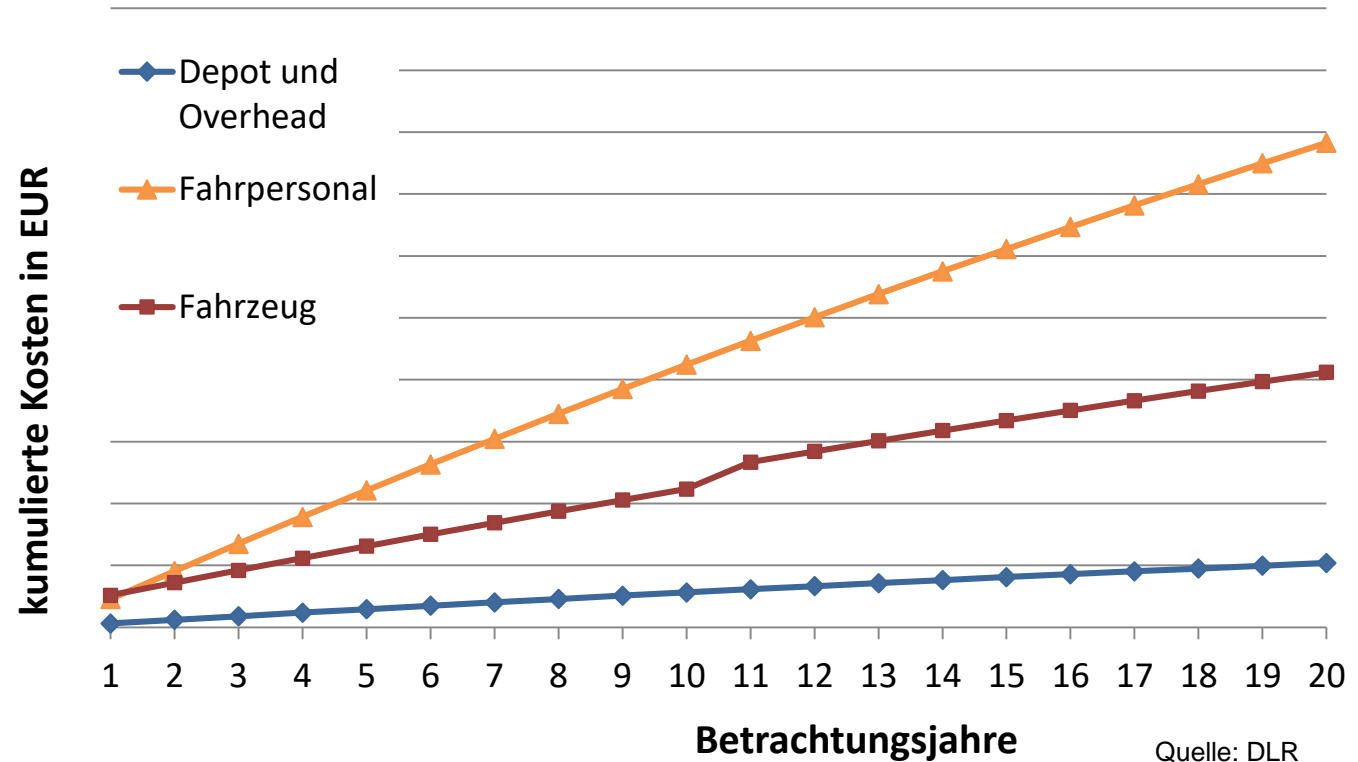
Bildquellen: DLR



# Methodisches Vorgehen

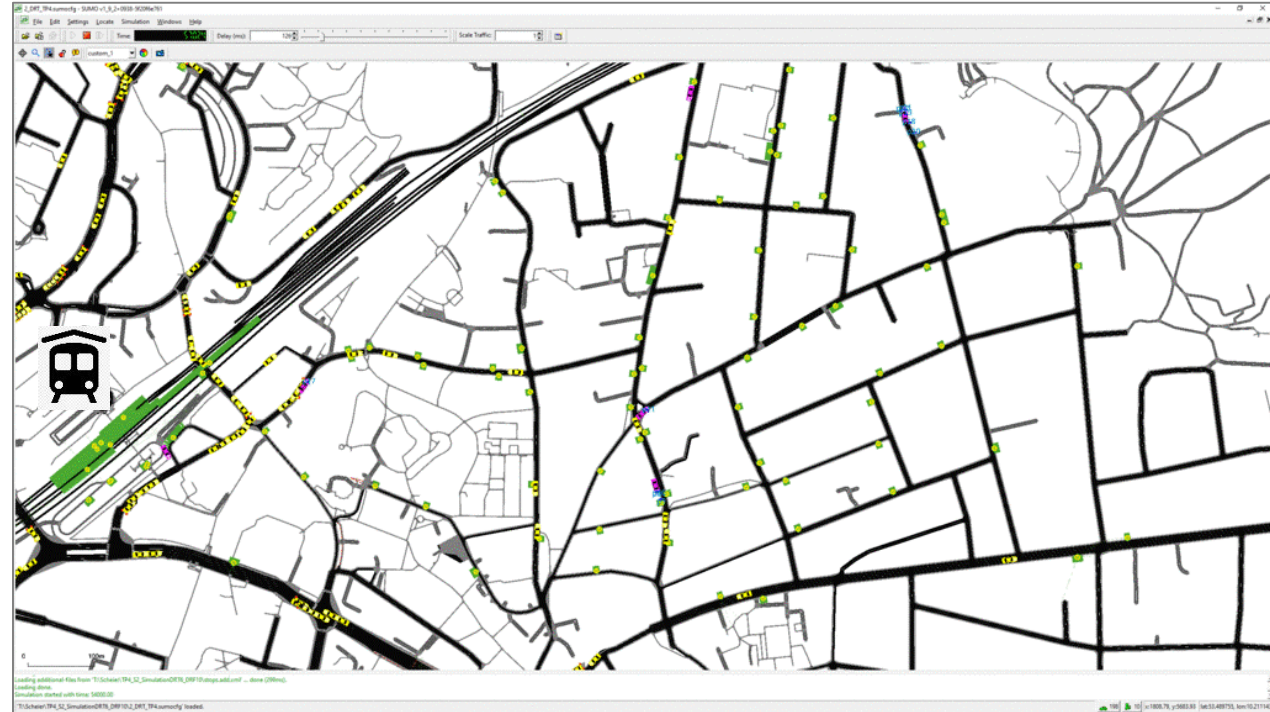
## Lebenszykluskostenanalyse (LCC-A)

- Berechnung der Kosten über einen Betrachtungszeitraum
  - Anschaffungskosten
  - Besitzkosten
    - Betrieb (Fahrpersonal, Energie)
    - Instandhaltung (Wartung & Instandsetzung, Reinigung)
- Kostenelemente
  - Fahrzeug
  - Fahrpersonal
  - Depot & Overhead



# Modellierung und Simulation Städtisches Wohnquartier

- Ziel: bessere Anbindung des Wohnquartiers an den S-Bahnhof
- Verkehrsnachfrage orientiert sich an S-Bahn Ein- und Aussteiger
- Projekt Reallabor HH: autonome Bus-Shuttles bis zu 18 km/h
- Szenarien im Vergleich zu ländlichem Szenario: Fahrpersonal und Fahrzeuggeschwindigkeit bis 50 km/h



**Tabelle 2: Parameter der betrachteten Szenarien des Stadtteils Hamburg-Bergedorf**

Parameter Simulationsmodell	Szenario geringe Nachfrage (S1)	Szenario hohe Nachfrage und hoher Umwegfaktor (S2)	Szenario hohe Nachfrage (S3)
Nachfrage (Anzahl Reisende je Betriebstag)	412	2633	2633
Anzahl Fahrzeuge	2	13	13
Maximaler Umwegfaktor	1,5	2	1,5

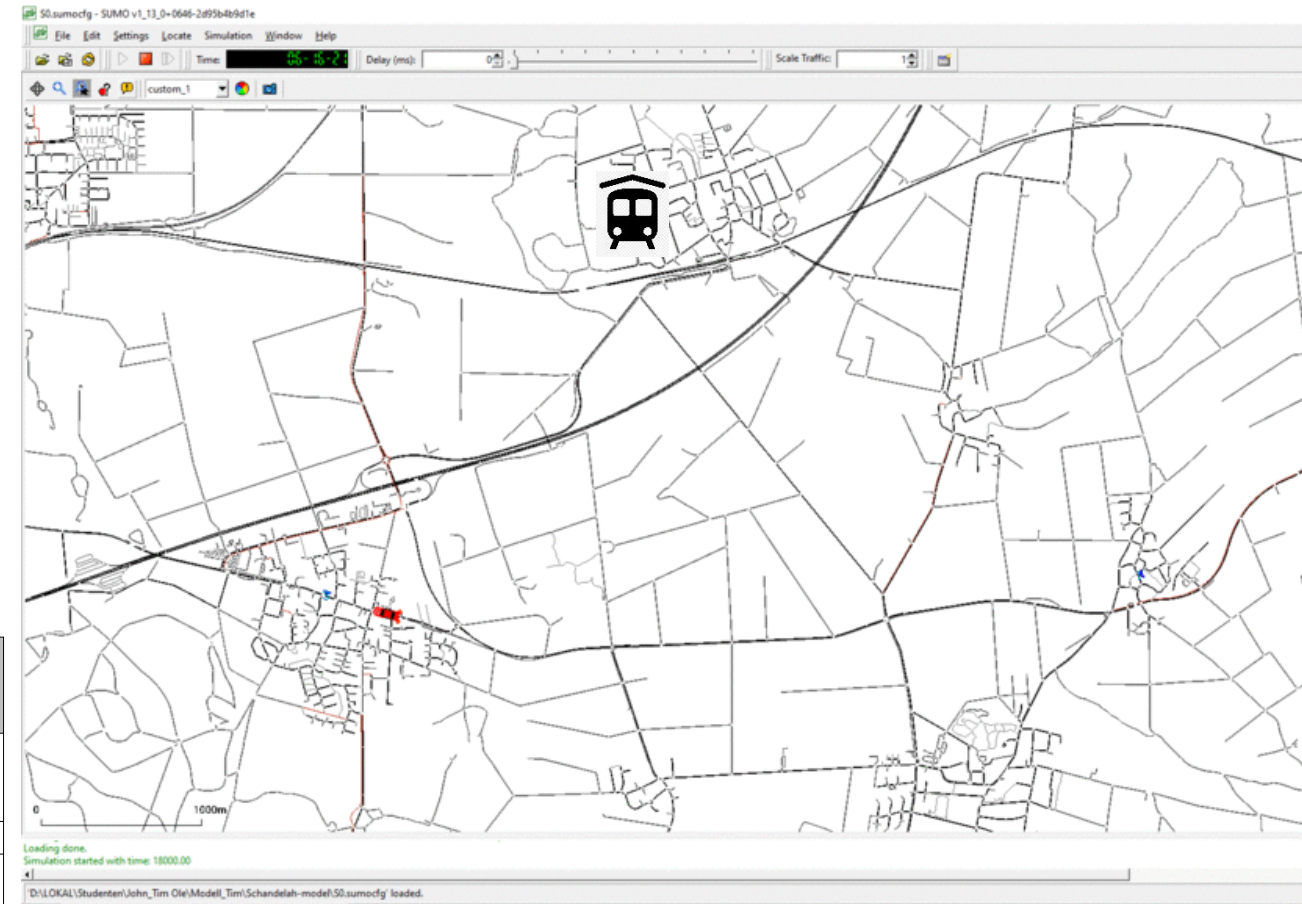
**Abbildung 1: SUMO-Modell eines mit On-Demand-Shuttle angebotenen Wohngebietes des Hamburger Stadtteil Bergedorf (Quelle: DLR)**

# Modellierung und Simulation Ländlicher Raum

- Ziele:
  - bessere Anbindung S-Bahnhof in Schandelah
  - Anbindung der Siedlungen untereinander
- Fahrzeuggeschwindigkeit bis 100 km/h
- Einrichtung zusätzliche Halteorte neben bestehenden Haltestellen
- Läuft im Realbetrieb: <https://www.flexo-bus.de/cremlingen/>

Tabelle 3: Parameter der betrachteten Szenarien des ländlichen Raumes der Gemeinde Cremlingen

Parameter Simulationsmodell	Szenario geringe Nachfrage (L1)	Szenario hohe Nachfrage (L2)	Szenario hohe Nachfrage und zwei Fahrzeuge (L3)
Nachfrage (Anzahl Reisende je Betriebstag)	90	196	220
Anzahl Fahrzeuge	1	1	2
Maximaler Umwegfaktor	2	2	2



Quelle: Tim John (TU Braunschweig) und DLR





# Ergebnisse und Ausblick

- Belegungsgrad kann gesteigert werden, ohne dass Angebotsqualität stark sinkt
- Belegungsgrad deutlich höher als MIV bei noch guter Angebotsqualität
- Land gegenüber Stadt
  - Fahrlänge Faktor 4
  - Fahrdauer Faktor 2
  - Vorbuchungszeit höher und volatiler
  - Kosten steigen schnell bei geringer Auslastung; höherer Kostendruck
- Aber: nur einzelne Simulationen → kausale **Zusammenhänge** zwischen Angebot (Kosten), Nachfrage, Qualität (Nutzen) und Systemauslastung **nicht quantifizierbar** → Durchführung gezielter Sensitivitätsanalysen

Tabelle 4: Ergebnisse der simulierten Szenarien

		Stadt Wohnquartier			Ländlicher Raum		
		S1	S2	S3	L1	L2	L3
Input	Nachfrage	412	2633	2633	90	196	220
	Anzahl Fahrzeuge	2	13	13	1	1	2
	Maximaler Umwegfaktor	1,5	2	1,5	2	2	2
Reisende (je Reise, arithm. Mittel)	Anteil nicht bedienter Anfragen	5,8 %	6,1 %	6,2 %	0 %	7,1 %	0 %
	Fußweg (Distanz)	36 m	37 m	37 m	116 m	126 m	109 m
	Vorbuchungszeit	4,7 min	4,1 min	3,9 min	7,4 min	12,4 min	9,4 min
	Fahrlänge	1,6 km	1,9 km	1,7 km	6,6 km	8,1 km	8 km
	Fahrtzeit	4,1 min	5,7 min	4,9 min	8,5 min	11,1 min	10,7 min
Verkehrsbetreiber (Wert je Betriebstag)	Fahrzeug-Km Gesamt	581 km	2154 km	2356 km	550 km	773 km	1003 km
	Anteil Leerfahrzeit	18 %	7 %	11 %	16 %	11 %	18 %
	Anteil Standzeiten	32 %	56 %	55 %	45 %	31 %	58 %
	<b>Belegungsgrad</b>	<b>1,1</b>	<b>2,2</b>	<b>1,8</b>	<b>1,1</b>	<b>2,1</b>	<b>1,8</b>
Kostenanalyse	Kosten je Personenkilometer	1,76 €	1,40 €	1,60 €	1,02 €	0,42 €	0,67 €
	Kosten je Fahrtminute einer Person	0,68 €	0,47 €	0,56 €	0,79 €	0,56 €	0,50 €
	Kosten je Trip (100% Kostendeckung)	2,80 €	2,70 €	2,72 €	6,72 €	3,35 €	5,38 €

# Literatur

- Alvarez Lopez, P. u.-W.-P. (2019). Microscopic Traffic Simulation using SUMO. Maui, USA: IEEE Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC), Seiten 2572-2582.
- Armellini, M. G. (2021). A Tool for Simulating Demand Responsive Transport Systems in SUMO. 7th International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems, MT-ITS 2021. Online.
- John, T. O. (2021). Simulationsgestützte Analyse flexibler, bedarfsorientierter ÖPNV im ländlichen Raum. Braunschweig: TU Braunschweig und DLR, <https://elib.dlr.de/145523/>
- Ronald, N. T. (2015). Simulating Demand-responsive Transportation: A Review of Agent-based Approaches. Transport Reviews, 35:4, pp. 404-421, DOI: 10.1080/01441647.2015.1017749.
- Scheier, B. u. (2021). Chancen und Potenziale von Mobility-as-a-Service nach der Corona-Pandemie. Wirtschaftsdienst.

*Vielen Dank für  
Ihr Interesse!*



**Dipl.-Wirtsch.-Ing. Benedikt Scheier M.Sc.**

DLR – Deutsches Zentrum für Luft- und  
Raumfahrt e.V.

Institut für Verkehrssystemtechnik

[benedikt.scheier@dlr.de](mailto:benedikt.scheier@dlr.de)

0531 / 295 3428

