



Wir verändern Mobilität

Erkenntnisse des Reallabors Hamburg
für eine digitale Mobilität von morgen

Inhalt

	Der Weg zum Reallabor Hamburg	04
1	Integriertes Mobilitätsangebot	06
	Mobilitätsplattform hmv switch	07
	Dateninteraktion und -souveränität	11
	Mit dem Mobilitätsbudget zur Arbeitsstelle	15
2	On-Demand-Shuttle	18
	Autonom unterwegs mit emoin	19
	On-Demand im ländlichen Raum	24
3	Mikrodepot: Lastenrad statt Lieferwagen	28
4	Vernetzte Verkehrsteilnehmer:innen & intelligente Verkehrsinfrastruktur	32
	Vernetzung besonders gefährdeter Verkehrsteilnehmer:innen	33
	Digitales Andreaskreuz (DiAK)	38
5	Beteiligung und Kommunikation	42
6	Simulation & Szenarien einer zukünftigen Mobilität	48
	Vom Reallabor in die Praxis	53
	Das Reallabor Hamburg auf dem ITS Kongress 2021 in Hamburg	54
	Glossar & Abkürzungsverzeichnis	56
	Impressum	58



Der Weg zum Reallabor Hamburg

Im Reallabor Hamburg wurde die digitale Mobilität von morgen im Hier und Jetzt einer deutschen Metropole erprobt. Entstanden sind übertragbare Erkenntnisse und Empfehlungen für Regionen und Kommunen zur Gestaltung einer zukünftigen Mobilität mithilfe digitaler Innovationen. Die gesellschaftliche Debatte zu digitalen Mobilitätsservices steht dabei im Zentrum, um wichtige Erkenntnisse darüber zu liefern, welche Ansätze sich in der Praxis bewähren.

Das Reallabor Hamburg (RealLabHH) für digitale Mobilität ist hervorgegangen aus der Nationalen Plattform Zukunft der Mobilität (NPM). Als begleitendes Praxislabor lieferte das RealLabHH in acht Teilprojekten Antworten auf die Frage, ob und, wenn ja, wie digitale Mobilitätslösungen einen Beitrag dazu leisten können, kommunale Verkehrssysteme nachhaltiger, sicherer,

komfortabler und zuverlässiger zu gestalten. Erprobt wurden Lösungen für den Personen- und den Warenverkehr im ländlichen Raum und im urbanen Zusammenhang. Zwei weitere Projektgruppen widmeten sich der Begleitforschung und Entwicklung einer Gesamtsimulation zur urbanen Mobilität 2030.

Die vorbereitenden Arbeiten und die Identifikation der konkreten Projekte und Partner umfassten mehrere Monate, bis Anfang des Jahres 2020 die konsolidierte Gesamtvorhabenbeschreibung sowie die insgesamt 32 Teilvorhabenbeschreibungen der Projektpartner:innen vorgelegt werden konnten. Die Übergabe der Zuwendungsbescheide erfolgte im Juni 2020.



Abb. 1: Projektmeilensteine des RealLabHH (Quelle: ifok)

Das Forschungsprojekt RealLabHH startete im April 2020 in der Metropolregion Hamburg, mit dem Ziel praktische Erkenntnisse und Daten für eine verbesserte, nachhaltige und sichere Mobilität der Zukunft zu gewinnen. Das Besondere: Die Hamburger:innen konnten die

neuen digitalen Mobilitätsangebote selbst erproben und sich über Beteiligungs- und Dialogveranstaltungen vor Ort und im virtuellen Raum aktiv einbringen.



Abb. 2: Übersicht der Ziele des RealLabHH (Quelle: ifok)



» Wenn man sich vor Augen führt, was hier geschaffen wurde, ist das eine echte Zeitenwende. Über 30 namhafte Partner aus Wissenschaft und Wirtschaft haben nicht nur gemeinsam neue Lösungen entwickelt, sondern sie live erprobt. Entstanden ist eine Simulation, die erstmals zeigt, wie die Mobilität einer Region positiv verändert werden kann – nachhaltiger, sicherer und attraktiver. Gerne mehr davon! «

— **Henrik Falk**, Vorstandsvorsitzender der Hamburger Hochbahn AG

» Das Reallabor ist ein gutes Beispiel dafür, wie Stadt, Wissenschaft und Wirtschaft gemeinsam innovative Konzepte für die urbane Mobilität von morgen testen und entwickeln, vom klimafreundlichen Mikrodepot für Lastenräder bis zum On-Demand-Shuttle in der äußeren Stadt als Zubringer zum ÖPNV. Hamburg ist dafür in Deutschland ein sehr geeigneter Standort, denn die Stadt nutzt die Digitalisierung, um die Mobilität der Menschen nachhaltig zu verbessern und die Mobilitätswende voranzubringen. «

— **Anjes Tjarks**, Hamburgs Senator für Verkehr und Mobilitätswende



» Damit eine moderne und neue Art der Mobilität gelingt, braucht es Menschen, die sie nutzen und voranbringen. Wenn potenzielle Nutzer:innen nicht abgeholt und mitgenommen werden, ist es unwahrscheinlich, dass Veränderungen im Mobilitätssystem akzeptiert werden und langfristig Bestand haben. Ein wesentlicher Baustein ist Beteiligung. Bürger:innen müssen nicht nur informiert werden, sie müssen gehört werden, mitgestalten dürfen und neue Angebote ausprobieren. «

— **Dr. Mandy Dotzauer**, Gruppenleiterin Co-Creation des Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)





1

—

Integriertes Mobilitäts- angebot



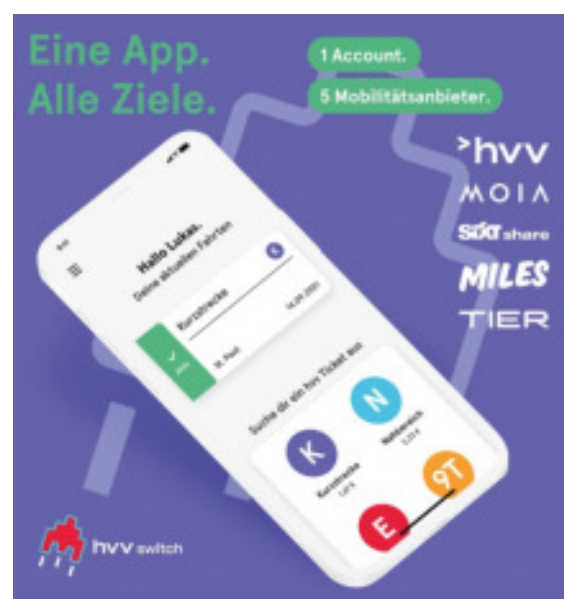
Die Menschen wünschen sich eine einfache, jederzeit verfügbare, bezahlbare und komfortable Mobilität „aus einer Hand“. Mobilitätsplattformen sind ein wichtiges Werkzeug, um ein solches integriertes Mobilitätsangebot sicherzustellen. Sie führen Angebot und Nachfrage zusammen, verknüpfen verschiedene Angebote sinnvoll und bieten Planungs- und Reiseinformationen. Neue Bezahlungsfunktionen wie Mobilitätsbudgets bieten zusätzliche Anreize, vom privaten Auto auf Sharing-Dienste oder den öffentlichen Nahverkehr umzusteigen. Die Bereitstellung verschiedener Mobilitätsdienste in einer App setzt Kooperationen zwischen Mobilitätsdienstleistern voraus. Datenräume mit Standards zum Datenaustausch können helfen, Vertrauen in Transaktionen mit spezifischen Kundendaten zu schaffen.



Mobilitätsplattform hvv switch

Nutzen Menschen mehr umwelt- und klimafreundliche Mobilitätsangebote, wenn sie gebündelt in einer App verfügbar sind? Durch die **Tiefenintegration verschiedener Mobilitätsdienstleister** in eine Mobilitätsplattform bietet die hvv switch App die Buchung und Abrechnung von verschiedenen Mobilitätsangeboten wie ÖPNV-Ticketing, Ridepooling, Carsharing und E-Scootersharing aus einer Hand und macht multimodale Reisen einfacher. Mit SIXT Share wurde im Projektzeitraum der erste **Carsharing-Dienst** in hvv switch **integriert**.

Abb. 3: Ein Screen aus dem App Store. Kern der 360°-Kampagne war eine grafische und von den Markenfarben geprägte Kommunikation, die in kurzen prägnanten Headlines den Mehrwert für Nutzer:innen abbildete (Quelle: Hamburger Hochbahn)



Projektbeschreibung

Viele Mobilitätsdienstleister bringen ihre Angebote geteilter Mobilität in Hamburg auf den Markt. Für die Nutzer:innen bedeutet das einerseits einen Gewinn an Möglichkeiten mobil zu sein, bringt aber auch eine Vielzahl Registrierungen bei verschiedenen Mobilitätsdienstleistern mit sich, deren Angebote dann für jeden Weg neu verglichen werden müssen.

Um den Zugang zu den neuen Mobilitätsangeboten zu erleichtern, tiefenintegriert hvv switch deren **Buchung, Nutzung und Bezahlung in einer App**. Nutzer:innen müssen sich **nur einmal registrieren** und ggf. ihren Führerschein verifizieren. Mit dem hvv switch Konto können sie dann die Angebote aller tiefenintegrierten hvv switch Partner nutzen. Mit Stand Ende November 2021 sind

- ein ausgewähltes Ticketsegment des **ÖPNV-Angebotes** des hvv,
- das **Ridepooling** von MOIA,
- das **free-floating Carsharing** von SIXT share und MILES sowie
- das **E-Scootersharing** von TIER

in hvv switch verfügbar.

Neben dem in hvv switch **integrierten Mobilitätsbudget** (Seite 15) ist PayPal als Zahlungsmethode hinterlegt.

Ziel von hvv switch ist es, Nutzer:innen einen erleichterten Zugang zu Mobilitätsangeboten zur Verfügung zu stellen. Denn nur, wenn diese Angebote einfach zu nutzen sind, haben die Menschen in Hamburg die Möglichkeit, auf ein eigenes Auto zu verzichten und trotzdem alle ihre individuellen Wege flexibel zu gestalten.

Der **Prozess der Tiefenintegration** ist komplex und stellt aufgrund seines Pilotcharakters hohe Anforderungen an die Zusammenarbeit zwischen dem Plattformbetreiber (HOCHBAHN) und den Mobilitätsdienstleistern, deren Angebote integriert werden. Wichtige Voraussetzungen für eine gelungene Zusammenarbeit sind eine gemeinsame Roadmap, eine gute vertragliche Basis und die Möglichkeit des Ausprobierens.

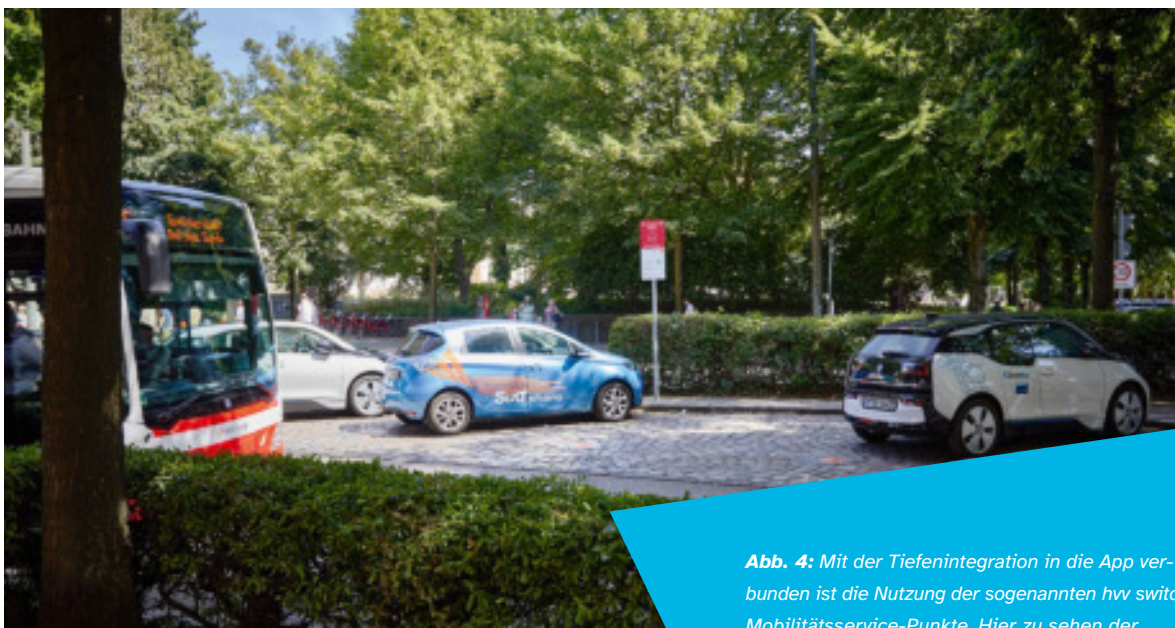


Abb. 4: Mit der Tiefenintegration in die App verbunden ist die Nutzung der sogenannten hvv switch Mobilitätsservice-Punkte. Hier zu sehen der hvv switch Punkt im Quartier, Lange Reihe 115, 20099 Hamburg. (Quelle: Hamburger Hochbahn)

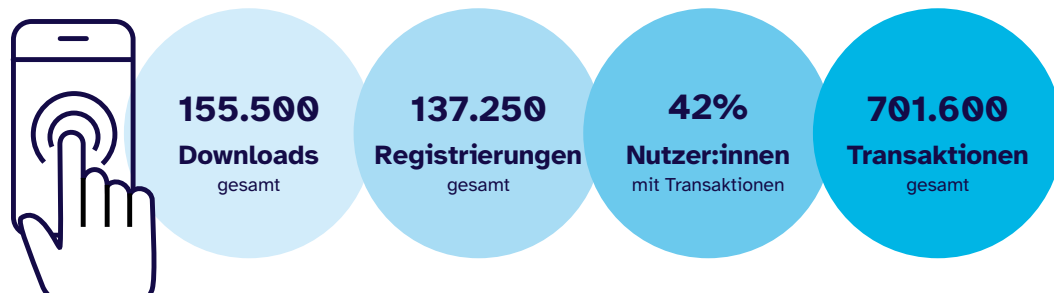


Abb. 5: Kennzahlen zur Benutzerresonanz der hvv switch App im Zeitraum vom 1.07.2020 – 30.11.2021 (Quelle: Hamburger Hochbahn, ifok)

Ergebnisse

Bezüglich der Schnittstellenspezifikationen zur Anbindung von Mobilitätsdienstleistern konnten im Projekt Konvergenzen bei den Vorgängen Auskunft, Kundenanlage, Nutzung (mit ein paar Besonderheiten innerhalb bzw. zwischen Kategorien von Mobilitätsdienstleistern)

identifiziert werden. Besonders beim Vorgang der Abrechnung wurden allerdings Abweichungen zwischen den Unternehmen offenbar. Grundsätzlich sind nutzerzentrierte Prozesse häufiger standardisiert als rein unternehmensinterne Prozesse.

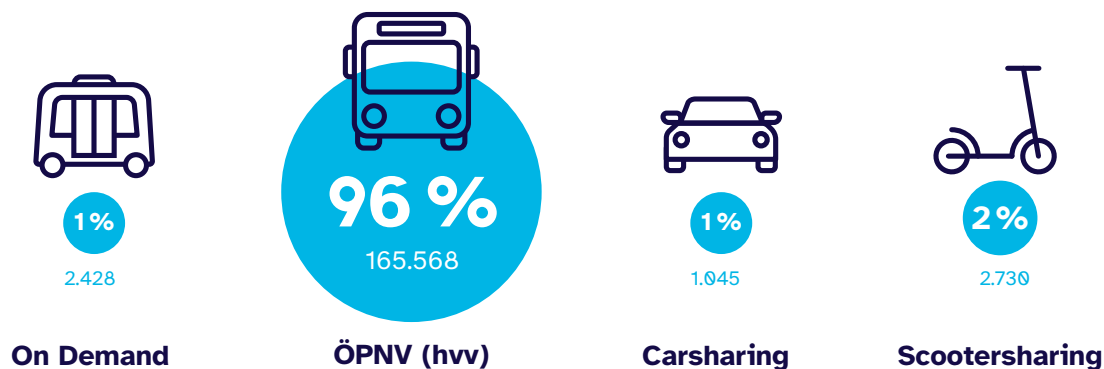


Abb. 6: Verteilung der Nutzertransaktionen auf die angebotenen Mobilitätsdienstleistungen im Zeitraum von 5.10.2020 – 30.11.2021 (Quelle: Hamburger Hochbahn, ifok)

Checkliste

- Eine Mobilitätsplattform zu betreiben bedeutet, einen **zweiseitigen Marktplatz** zu bedienen: Einerseits gilt es, die Nutzer:innen der hvv switch App zu verstehen (welche Angebote sind besonders interessant für sie? Wie nutzen sie die Angebote?). Andererseits muss man gleichermaßen den Markt der Mobilitätsdienstleister, deren Angebot integriert wird, kennen (wie funktioniert ihr Geschäftsmodell? Was macht ihr Angebot besonders? Wie „tickt“ das Unternehmen?)
- Um ein Angebot mit großem Mehrwert für die Nutzer:innen zu schaffen, muss neben einer geeigneten Auswahl und Anzahl parallel auch die **Integration von ergänzenden Services** wie Zahlungsdiensten, Ladeinfrastrukturauskünften, Führerscheinverifizierung etc. vorangetrieben werden.
- Ein gemeinsamer Bezugsrahmen wie ein **Memo-
randum of Understanding (MoU)** oder Ähnliches ist für eine partnerschaftliche Zusammenarbeit zwischen Plattformbetreiber und Mobilitätsdienst-

leisten hilfreich. Ein Start der Integration parallel zu den Vertragsverhandlungen hat sich als produktiv erwiesen, da sich der Gegenstand der Verträge im Laufe des Integrationsprozesses noch ändern kann.

Nach der Integration ist vor der Weiterentwicklung des Angebotes: Sobald sich das Angebot der Mobilitätsdienstleister ändert (beispielsweise Einführung dynamischer Preise oder Ähnliches), müssen diese Änderungen auch plattformseitig vollzogen werden. Eine **ständige Begleitung** ist notwendig.

Wie multimodal sind die hvv switch Nutzer:innen unterwegs?

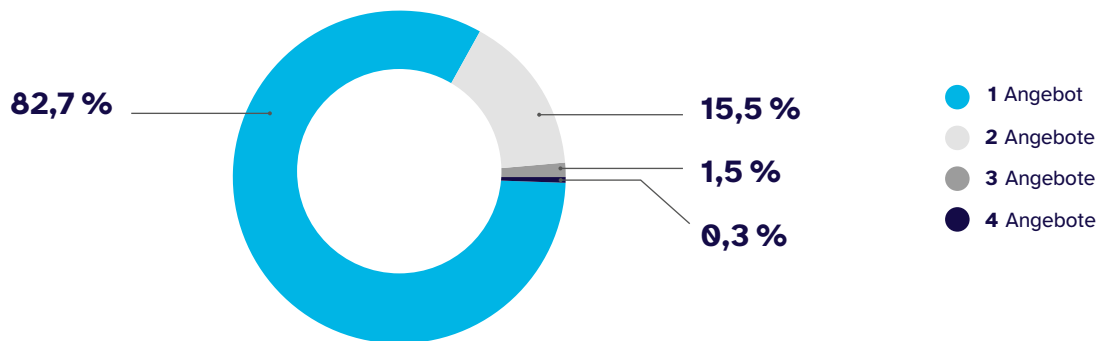


Abb. 7: Gesamtverteilung der Nutzung von Mobilitätsangeboten der hvv switch App pro Benutzer:in als Indikator multimodalen Mobilitätsverhaltens (Quelle: Hamburger Hochbahn, ifok)



Abb. 8: Launch des Carsharing-Dienstes SIXT Share in der hvv switch App am 17.05.2021 zusammen mit Nico Gabriel, SIXT-Vorstandsmitglied, Dietrich Hartmann, HVV-Geschäftsführer, Henrik Falk, HOCHBAHN-Vorstandsvorsitzender, Konsortialführung RealLabHH sowie Anjes Tjarks, Senator für Verkehr und Mobilitätswende (Quelle: Hamburger Hochbahn)

Projektpartner



Kontakt Jens Brückner, Hamburger Hochbahn AG, jens.brückner@hochbahn.de

Dateninteraktion und -souveränität

*Innovative und nachhaltige Verkehrskonzepte, die verschiedene Verkehrsmittel zu einer intermodalen Reisekette verknüpfen, scheitern heute oft an mangelnder **Datensouveränität**. Die Verkettung verschiedener, existierender Verkehrsmittel für eine Reise von Punkt A nach Punkt B – beispielsweise für eine Fahrt beginnend mit dem Leihfahrrad zur U-Bahn und im Anschluss mit dem Elektro-Roller ans Ziel – erhöht Reisegeschwindigkeit und -komfort, spart CO₂ und kann Pendler:innen pro Strecke eine Zeitersparnis von bis zu 30 % ermöglichen. Intermodale Reisen haben also das Potenzial, echte Alternativen zum eigenen Pkw zu werden (Schlueter Langdon et al. 2021). Um intermodale Reisen nutzerorientiert in einer Anwendung/Mobilitäts-App anzubieten, müssen zum Teil konkurrierende Mobilitätsanbieter Kundendaten miteinander teilen. Das passiert heute nicht, denn die Besitzer:innen der Daten befürchten, die Kontrolle über ihre Daten und die Rechte daran zu verlieren; es fehlt ihnen die Datensouveränität.*

Hier setzt das Projekt „Dateninteraktion und -souveränität“ an. Es testet, ob sogenannte **Data Spaces** (zu dt. „Datenräume“) auf Basis des International-Data-Spaces(IDS)-Standards das Datensouveränitätsproblem lösen und für konkurrierende Mobilitätsanbieter Vertrauen in Transaktionen mit spezifischen Kundendaten schaffen können (Dress et al. 2021).

Hierzu wurde ein Demonstrator mit drei Komponenten aufgebaut: Einerseits eine **intermodale Reiseplanungsanwendung**, die sich in einer zweiten Komponente in einem **Benutzercockpit** bedienen lässt und die drittens auf einem echten **Datenraum** des Telekom Data Intelligence Hubs auf Basis von IDS-Technologie aufsetzt.

Umsetzung

Das Projekt wurde in zwei Schritten entwickelt:

- Schritt eins: Die Erstellung eines **Vision-Demonstrators** zur systematischen Abbildung von intermodalen Reiseszenarien (siehe Abb. 9).
- Schritt zwei: Die Entwicklung und Implementierung eines interaktiven **Live-Demonstrators** mit echten

Daten aus dem RealLabHH und dessen Verwendung zum Testen ausgewählter Reiseszenarien mit neuen Reiseoptionen aus den Teilprojekten des RealLabHH, wie zum Beispiel On-Demand-Shuttle im ländlichen Raum und autonomer Shuttle-Angebote (siehe Kapitel 2 „On-Demand-Shuttles“) (siehe Abb. 10 und 11).

Vision-Demonstrator

Um die Vision des intermodalen Reisens angemessen darzustellen, wurde ein Vision Demonstrator vom Urban Software Institute entwickelt. Hierbei handelt es sich um einen HTML-basierten, klickbaren Demonstrator, in dem Nutzerszenarien abgebildet wurden.

Durch die Darstellung unterschiedlicher Nutzerszenarien können Interessierte schnell abgeholt werden und einen Einblick in die Umsetzung und den Mehrwert bekommen.



Abb. 9: Vision Demonstrator mit Nutzerszenarien (Quelle: Urban Institute)

Live-Demonstrator

Um die Hypothese zu testen, dass ein Datenraum oder „Data Space“ auf Basis des IDS Standards das Dateninteraktions- und -souveränitätsproblem lösen kann, muss es an realen Beispielen getestet werden. Da intermodale Reiseangebote nur rudimentär existieren, hat das Telekom Data Intelligence Hub Team (Luettmann

& Loeffler 2021) einen künstlichen Travel Agent (Agent) als Simulator entwickelt und implementiert, der aus drei Software-Elementen oder Engines besteht: Ein intermodaler Reiseplanungsrechner (Calculator), eine Personalisierungs-Engine (Matching) und ein Digital Twin mit Endnutzerprofilen (Profiler).

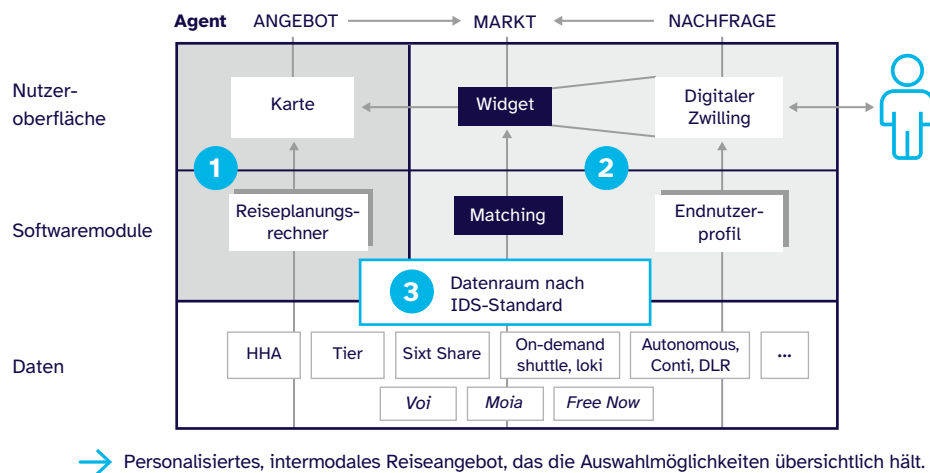
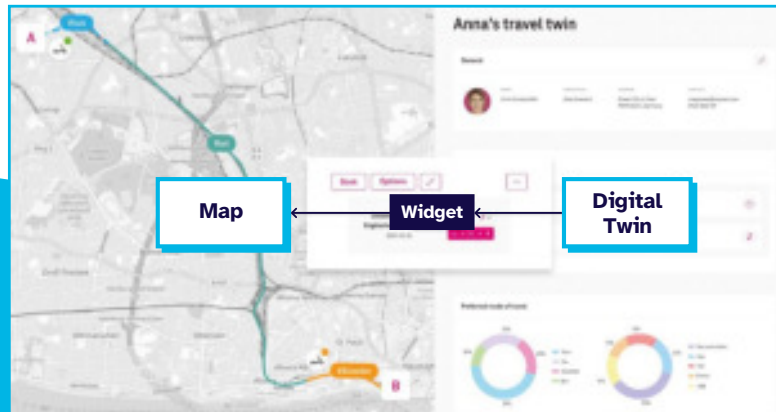


Abb. 10: Die Systemarchitektur des künstlichen Travel Agents unterteilt sich in drei Bereiche: (1) Karte, (2) Personalisierung und (3) Datenraum (Quelle: Schlueter Langdon 2021b).

Diese **drei Softwaremodule** oder auch Engines verarbeiten Daten, die dann in drei graphischen Benutzeroberflächen (User Interfaces, UIs) visualisiert werden. Der **Reiseplanungsrechner** liefert die Routeninformationen für die Karte (Map), das **Endnutzerprofil** liefert die Daten für den Digital Twin und das **Widget** verknüpft das Routenangebot aus dem Calculator mit Endkundenpräferenzen des Digital Twins durch personalisierte Empfehlungen. Diese Empfehlungen werden vom Matching-Module

mittels regelbasierter Logik und Verfahren des maschinellen Lernens berechnet (z.B. kollaboratives Filtern; siehe Schlueter Langdon 2021b). Personalisierte Empfehlungen sind erforderlich, da die Vielzahl der Kombinationsmöglichkeiten intermodaler Reiseketten den Endkunden schnell überfordert (*mit dem E-Scooter oder Leihfahrrad zur U-Bahn ... oder doch erst schnell zu Fuß zum Bus und dann Umsteigen in die U-Bahn ... oder direkt mit dem Moia On-Demand Shuttle?*).

Abb. 11: Live-Demonstrator mit intermodalem Reiseplanungsrechner (Map), Personalisierungs-Engine (Widget) und dem Userprofile beziehungsweise Digital Twin (Quelle: Deutsche Telekom)



Ergebnisse

Der Demonstrator hat gezeigt, dass mithilfe eines Data Spaces neue Mobilitätsanwendungen entstehen, die den Bürger:innen und Endkund:innen ein Produktangebot liefern, das bedarfsgerechter, flexibler und schneller ist als das heutige Angebot. Zudem ermöglicht der IDS-basierte Data Space, dass dieses bessere Produkt durch eine Lieferkette angeboten werden kann, die nicht notwendigerweise vertikal integriert ist. Damit ist gemeint, dass der Anbieter nicht alle Vorleistungen selbst erbringen muss. Stattdessen erlaubt ein Data Space die Orchestrierung vieler spezialisierter Anbieter, wie Autovermietungen, Fahrradverleihe und öffentliche Verkehre, in ein kohärentes Endkundenprodukt. Dies wird auch erreicht, da jeder Anbieter einen starken Anreiz hat teilzunehmen und Daten zu teilen, weil alle

gewinnen. Denn ohne diese neuen Angebote ändert der Kunde sein Reiseverhalten nicht und fährt einfach mit dem eigenen Auto in die Stadt. Damit verlieren alle: Reisende wegen Staus, die Städte wegen Lärm und natürlich die Umwelt und das Klima wegen zu viel CO₂.

Die **Weltpremiere** unseres Travel Agent Live-Demonstrators wurde auf dem **ITS World Congress 2021 in Hamburg** gefeiert. Dort konnte der Travel Agent zudem als eine erste Anwendung präsentiert werden, die dieselbe Data-Space-Technologie verwendet wie der neue Mobility Data Space (MDS) der Bundesregierung (Drees et al. 2021).



Abb. 12: Andreas Scheuer (ehemaliger Bundesminister für Verkehr und digitale Infrastruktur) am Teilprojekt Dateninteraktion und -souveränität des ITS World Congress 2021.

Chris Langdon und Henrik Falk (Vorstandsvorsitzender der Hamburger Hochbahn) in Interaktion mit dem Live-Demonstrator zur intermodalen Reiseplanung (Quelle: Deutsche Telekom)

Von einem gemeinsam genutzten Data Space, wie dem Mobility Data Space der Bundesregierung, können alle profitieren, auch die Städte. Neue Mobilitätsangebote wie intermodales Reisen helfen, den Verkehr in den Innenstädten zu reduzieren – und damit Luftverschmutzung, Lärm und Staus zu verringern sowie Folgeschäden wie zugeparkte Radwege zu vermeiden. Die Lebensqualität erhöht sich. Und da die Bürger:innen schneller und oftmals auch kostengünstiger ans Ziel kommen, beleben sich Innenstädte mehr und Geschäfte und Gastronomie profitieren. Damit könnte sich das Einkaufs- und Erlebnisangebot ausweiten, was wiederum die Attraktivität der Innenstädte erhöht.

Traditionelle und neue Mobilitätsanbieter profitieren von neuen Umsätzen. Denn die Verkehrswende oder Modal Shift hat explizit das Ziel, den motorisierten Individualverkehr zu reduzieren. Statt mit dem eigenen Auto in die Stadt zu fahren, sollen alternative Mobili-

tätsangebote von traditionellen und neuen Mobilitätsunternehmen genutzt werden. Das ist neue Nachfrage mit neuen Umsätzen. Der Aufwand oder die Kosten für diese neuen Umsätze werden reduziert durch den Data-Space-Ansatz. Denn ein Data Space kann eine gemeinsam mit anderen Mobilitätsanbietern genutzte Infrastruktur sein. Vergleichbar ist dieser Ansatz mit den der Allgemeinheit zur Verfügung stehenden Autobahnen. So wie nicht jeder Spediteur seine eigene Autobahn braucht, braucht auch nicht jeder Mobilitätsanbieter einen eigenen Data Space. Stattdessen gibt es bereits eine erste Lösung mit dem Mobility Data Space, der von der Bundesregierung auf dem ITS World Congress 2021 eröffnet wurde. Nutzer:innen des Data Spaces können sich auf die Anbindung und die Ausgestaltung der Geschäftsmodalitäten bei verketteten Produkten konzentrieren, nicht unähnlich der Zusammenarbeit unterschiedlicher Anbieter bei Pauschalreisen.

Projektpartner

Das Projekt wurde gemeinsam durchgeführt vom Telekom Data Intelligence Hub (DIH) Team zusammen mit [ui!] - the urban institute® und wurde geleitet von Prof. Dr. Chris Schlueter Langdon, Deutsche Telekom, und den Projektleitern von [ui!], Stephan Borgert und Gadi Lenz.



LIFE IS FOR SHARING.



Kontakt *Stephan Borgert, Urban Software Institute GmbH: Stephan.Borgert@the-urban-institute.de
Dr. Gadi Lenz, Urban Software Institute GmbH: gadi.lenz@umi.city
Prof. Dr. Chris Schlueter Langdon, Deutsche Telekom IoT: christoph.schlueter-langdon@telekom.de*

Literaturverzeichnis

- Drees, H., D. O. Kubitz, J. Lipp, S. Pretzsch, and C. Schlueter Langdon. 2021. Mobility Data Space – First Implementation and Business Opportunities. Technical Paper, 27th ITS World Congress (ID 909)
- Luettmann, A., and L. Loeffler. 2021. Universities get a digitalization boost: Telekom Data Intelligence Hub as a virtual lab. Telekom Data Intelligence Hub Journal (2021-05-18)
- Schlueter Langdon, C. 2021a. Dataspace Enabled Mobility. In: Mertens, C., and C. Schlueter Langdon (eds.). Data Move People Anthology (Version 1.0). International Data Spaces Association, Berlin, Germany: 27-41
- Schlueter Langdon, C. 2021b. Agent System with "Bring Your Own Membership" Matchmaking. Working Paper (WP_DCL-Drucker-CGU_2021-03), Drucker School of Management, Claremont Graduate University, CA
- Schlueter Langdon, C., N. Oehrlein, and D. Kerinnis. 2021. Integrated public transport: Quantifying user benefits – Example of Hamburg. Technical Paper, 27th ITS World Congress (ID 438)

Mit dem Mobilitätsbudget zur Arbeitsstelle

Kann ein vom Arbeitgeber zur Verfügung gestelltes Budget mit freier Verkehrsmittelwahl das Mobilitätsverhalten von Arbeitnehmer:innen hin zur Nutzung nachhaltigerer Fortbewegungsmittel verändern? Um dieser Frage nachzugehen, wurde in zehn Unternehmen jeweils 50 Arbeitnehmer:innen bis zu sechs Monate lang ein Budget in Höhe von 50 Euro zur Verfügung gestellt.

Projektbeschreibung

Um die Verkehrswende umzusetzen, ist Förderung innovativer und ökologisch nachhaltiger Mobilitätsangebote durch Unternehmen ein wichtiger Ansatzpunkt. Aktuell legen 54 Prozent der Menschen in Hamburg ihre Wege zur Arbeit mit dem privaten Pkw zurück, obwohl es gerade im urbanen Raum eine große Auswahl an unterschiedlichen Mobilitätsangeboten gibt, die ein ökologisch nachhaltigeres Mobilitätsverhalten ermöglichen. Sie werden bisher jedoch vor allem im privaten Kontext genutzt. Das soll sich durch ein von Arbeitgeber:innen zur Verfügung gestelltes Mobilitätsbudget ändern. Gegenüber den klassischen Angeboten eines Jobtickets oder Dienstwagens ermöglicht ein solches Budget die **freie Auswahl des Fortbewegungsmittels**. Somit unterstützen Arbeitgeber:innen durch ein

monatlich verfügbares Mobilitätsbudget aktiv den Umstieg auf umweltfreundliche Verkehrsmittel.

Die Pilotunternehmen konnten zwischen zwei Apps (hvv-m / hvv switch) wählen: Den Arbeitgeber:innen wurde die Nutzung von verschiedenen Mobilitätsangeboten – unter anderem ÖPNV, E-Scooter und Sharing-Dienste – ermöglicht und als Bezahloption das **vom Arbeitgeber zur Verfügung gestellte** Mobilitätsbudget hinterlegt. Zudem wurde den Nutzer:innen das bislang genutzte Mobilitätsbudget in der App angezeigt. Für die Arbeitgeber:innen stand zusätzlich ein **Portal zur Steuerung des Mobilitätsbudgets** zur Verfügung. Die Pilotierung wurde durch eine Befragung der Nutzer:innen des Mobilitätsbudgets wissenschaftlich begleitet.

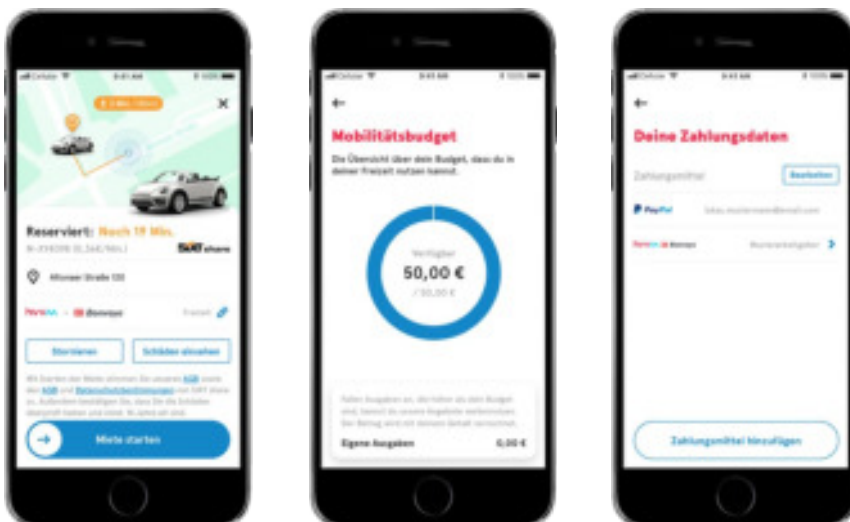


Abb. 13: hvv switch Mobilitätsbudget aus Sicht der Nutzer:innen als Zahlungsmittel in der App (Quelle: Hamburger Hochbahn)

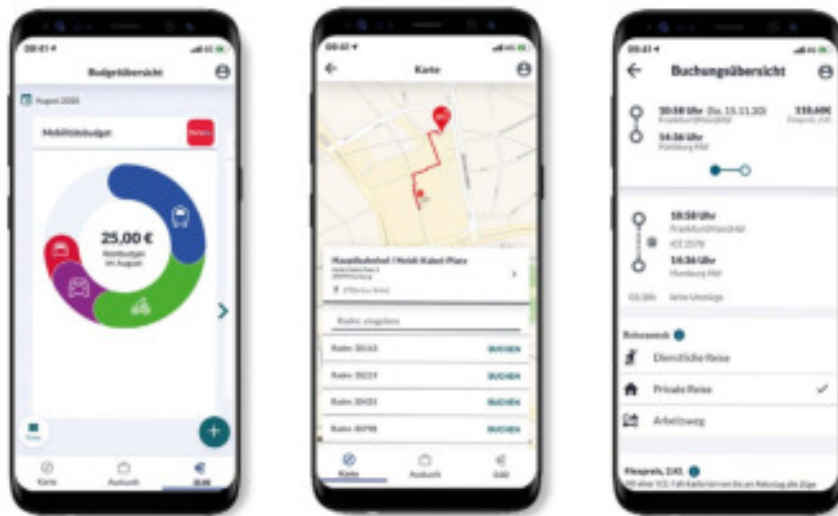


Abb. 14: Übersicht hvv-m Mobilitätsbudget aus Sicht der Nutzer:innen (Quelle: Hamburger Hochbahn)

Ergebnisse

Die ersten Ergebnisse der **Nutzerbefragung** bestätigen die ursprüngliche Annahme, dass ein flexibler und umfassender Zugang zu Informationen und Buchungsmög-

lichkeiten die Nutzung nachhaltiger Mobilitätsangebote fördert und die Pkw-Abhängigkeit reduziert. Aus den Gesprächen mit den Unternehmen und Entscheider:innen gab es durchweg eine **positive Resonanz** zu dem Grundgedanken eines Mobilitätsbudgets.

»Die Vielfalt von Mobilitätsangeboten ist ein attraktiver Benefit für die Angestellten.«

»Eine gute ÖPNV-Anbindung ist entscheidend für die Akzeptanz des Mobilitätsbudgets.«

»Das Mobilitätsbudget bietet ein flexibleres Angebot als die ProfiTickets und fördert klima- und umweltfreundliche Mobilität.«

Die Erkenntnisse aus diesem Reallabor-Projekt können bei der Einführung eines Mobilitätsbudgets in weiteren Unternehmen wichtige Hilfestellungen sein. Dennoch sind sie im Einzelfall und im Hinblick auf die jeweils vorliegenden Rahmenbedingungen nochmals zu prüfen.

Grundsätzlich zeigen jedoch das große Interesse an dem Projekt Mobilitätsbudget, und die positive Resonanz sowohl der Pilotunternehmen als auch von an einem perspektivischen Regelbetrieb interessierten Unternehmen, dass das Produkt Mobilitätsbudget ein wichtiger Baustein für die zukünftige Mobilität darstellt.

Checkliste

Dennoch gibt es auch Aspekte unabhängig von den schwierigen Rahmenbedingungen durch die Corona-Maßnahmen, zum Beispiel das Homeoffice-Gebot, die für zukünftige Projekte zu berücksichtigen sind.

Im vorliegenden Projekt wird ein **KI-basierter Steueralgorithmus** verwendet, der das Mobilitätsbudget automatisch und optimiert versteuert (zum Beispiel hinsichtlich Steuerfreibeträgen und unterschiedlichen Steuersätzen) und damit auf

Unternehmensseite den administrativen Aufwand minimiert. Damit ist in diesem Projekt der Nachteil gegenüber der Pauschalversteuerung eines Dienstwagens nicht relevant.

- Tarifvertragliche Regelungen erschweren die teilweise Nutzung des Mobilitätsbudgets erheblich. Bei Unternehmen, die deutschlandweit Standorte haben, kommt zudem das Problem der Gleichbehandlung der verschiedenen Standorte hinzu. Häufig sind Budgets bereits im Vorjahr einzustellen und entsprechend gebunden. Daher sind aus den vorgenannten Gründen bei einer Einführung **ausreichend Vorlaufzeiten für die Unternehmen zu berücksichtigen**.

- Der zeitliche Aspekt wird auch relevant beim **Downsizing von Dienstwagen** (nicht Projektumfang), da Leasingverträge in der Regel über längere Laufzeiten verfügen. **Arbeitsvertragliche Regelungen**, die explizit einen Dienstwagen vorsehen, wären dabei im Einzelfall zusätzlich zu **prüfen**.

- Das Mobilitätsbudget ist aktuell noch erklärungsbedürftig für die Angestellten. Daher ist eine gute Kommunikation durch die Arbeitgeber:innen über die Rahmenbedingungen (z. B. Budgethöhe, steuerliche Fragen) sowie über die verfügbaren Mobilitätsangebote erforderlich.

Projektpartner

Die Hamburger Hochbahn hat die Gesamtprojektleitung des Teilprojekts übernommen und ist zugleich Betreiberin der hvv switch Plattform. Die S-Bahn Hamburg verantwortet innerhalb des hvv das Thema Mobilitätsbudget und hat daher die Federführung bei Kundenansprache und -betreuung. Die hvv-m Anwendung sowie das als Zahlungsmittel integrierte Mobilitätsbudget in der hvv switch Plattform basieren beide auf DB Bonvoy. Die zugrundeliegende technische Lösung stellt DB Connect bereit, die auch dafür verantwortlich ist, dass die Abrechnungsdaten korrekt in die Lohnbuchhaltungssysteme der Unternehmen laufen und dort steueroptimiert und automatisch abgerechnet werden.



Kontakt hvv-mobilitaetsbudget@deutschebahn.com



2

On-Demand-Shuttles



Städte sind heutzutage mit verschiedensten Herausforderungen konfrontiert. Platzmangel, Luftverschmutzung, vermehrter Verkehr oder die nicht ausreichende Verfügbarkeit öffentlicher Verkehrsmittel erhöhen die Belastungen. Autonome und bedarfsorientiert fahrende Shuttles könnten dazu beitragen, diese Herausforderungen zu lösen, den öffentlichen Verkehr in der Stadt zu erweitern, zu individualisieren und gleichzeitig die verkehrsbedingten Emissionen zu reduzieren. Auf dem Land bieten On-Demand-Shuttles eine klimafreundliche, zuverlässige und preiswerte Alternative zum eigenen Auto und verbessern die Mobilität für mobilitätseingeschränkte Personen.



Autonom unterwegs mit emoin

Können durch fahrerlose On-Demand-Shuttles mehr Menschen dazu animiert werden, den ÖPNV zu nutzen? Im Teilprojekt „Autonomes Fahren“ wurden Transportlücken auf der ersten und letzten Meile im suburbanen Hamburger Stadtteil Bergedorf durch eine Flotte von autonomen und elektrischen On-Demand-Shuttles geschlossen.

Projektbeschreibung

Das historische Villenviertel in Hamburg-Bergedorf mit insgesamt 36.000 Einwohner:innen ist als **Erprobungsgebiet** ideal. Es ist bereits gut durch den öffentlichen Personennahverkehr der Verkehrsbetriebe Hamburg Holstein (VHH) erschlossen, der autonome On-Demand-Verkehr kann das ÖPNV-Angebot jedoch weiter verbessern und **kleinere Gebiete detaillierter erschließen**, ohne dabei Leerfahrten durchführen zu müssen. Das Gebiet bietet im Hinblick auf die projektspezifischen Kriterien wie Straßenbreite oder Vegetation am Straßenrand optimale Randbedingungen für den Einsatz der Shuttles; es mussten lediglich kleinere Infrastrukturanpassungen vorgenommen werden.



Abb. 15: Einsatzgebiet und Haltepunkte (Quelle: VHH)



Abb. 16: Shuttle in Hamburg-Bergedorf
(Quelle: VHH)

Im Projekt werden **drei EasyMile EZ10 Fahrzeuge** der dritten Generation eingesetzt. Sie sind **vollelektrisch** und **hochautomatisiert** und befördern bis zu sechs Personen. Das Shuttle nutzt bordeigene Sensoren zur Navigation, Lokalisierung und Kollisionsvermeidung. Ein **Fusionsalgorithmus** kombiniert die Informationen vieler redundanter Sensoren und GPS-Daten und gewährleistet so eine zuverlässige und robuste Lokalisierung des Shuttles. Für den Einsatz wird eine **digitale Karte des Testgebiets** erstellt, die in das Shuttle programmiert wird und die Route und das Verhalten des Fahrzeugs vorgibt. Dank der stabilen Lokalisierung kann sich der Shuttle selbstständig auf dieser vordefinierten Route bewegen. Die verschiedenen Sensoren, die für die Kollisionsvermeidung eingesetzt werden, passen das Verhalten des Shuttles an die aktuellen Umgebungsbedingungen an.

Um autonomes Fahren zu ermöglichen, ist eine **verlässliche und robuste Wahrnehmung des Fahrzeugumfelds** zwingend notwendig. Continental stattete hierzu die emoin-Shuttles mit zusätzlichen Radarsensoren

zur hochgenauen Lokalisierung der Fahrzeugposition aus. Außerdem wurden innovative Lasersensoren des Unternehmens eingebaut, welche das Fahrzeugumfeld genau erfassen können. Die während des Betriebs gesammelten Erkenntnisse können direkt in die weitere Entwicklung eingebunden werden.

Die zum Einsatz gekommenen Fahrzeuge wurden von der DEKRA in Hinblick auf das Zulassungsrecht (StVZO/FZV) nach den Bau- und Betriebsvorschriften der StVZO in Zusammenhang mit einer Gefährdungskürzung nach §30 Abs. 1 StVZO mittels **Vorlage eines Sicherheitskonzeptes** zur Automated-Driving-Funktion sowie der Strecke geprüft und begutachtet. Durch die daraus resultierenden Gutachten einer Einzelbetriebserlaubnis nach §21 StVZO in Verbindung mit dem Ausnahmegutachten nach §70 StVZO sowie den Gutachten über die Automated-Driving-Funktion und den Streckengutachten konnte über die zuständige Landesbehörde eine Zulassung der Shuttles erreicht werden.

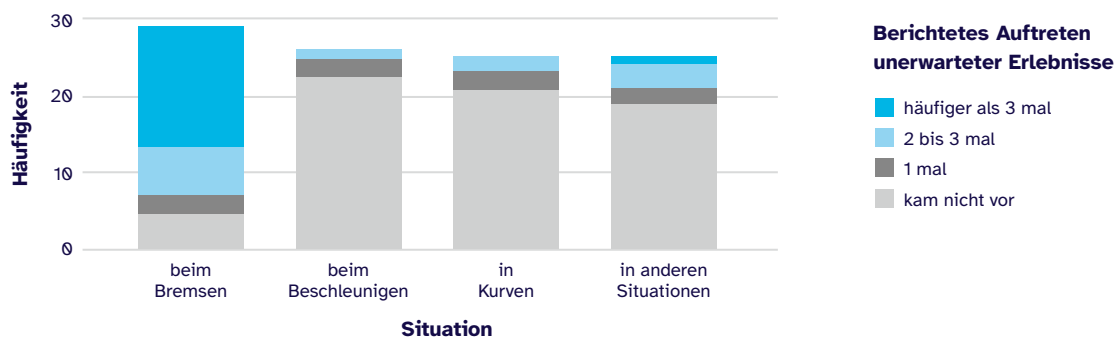


Abb. 17: Berichtete Häufigkeit unerwarteter Erlebnisse mit Blick auf das Fahrverhalten des emoin-Shuttles in vier Manöver-/Situationskategorien aus der Nutzerbefragung des DLR (Quelle: DLR)

Die Shuttles wurden nahtlos in den öffentlichen Nahverkehr integriert. Hierzu wurde seitens EasyMile eine Schnittstelle geschaffen, um Fahraufträge von einem externen Backend an das Fahrzeug zu senden. Weiter-

hin wurden vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und Continental digitale Dienste entwickelt, um optimale Benutzererfahrung und Bedienerunterstützung zu ermöglichen.

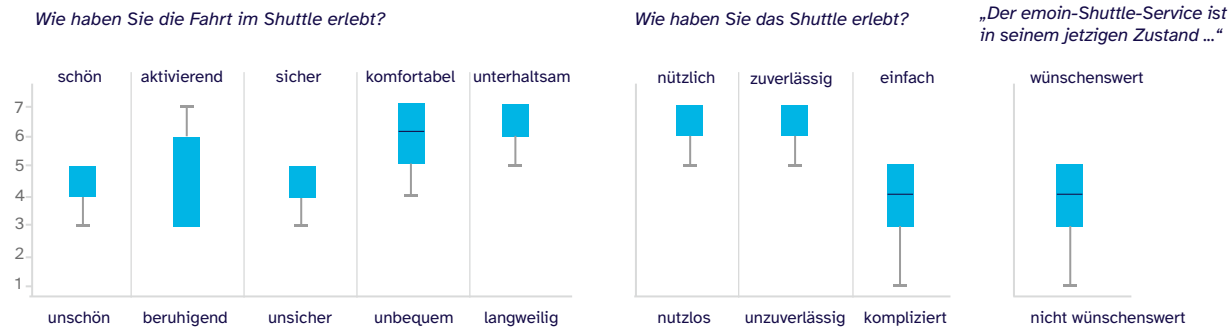


Abb. 18: Fahrgastbewertungen der Fahrt im emoin-Shuttle auf verschiedenen Dimensionen der Nutzungserfahrung (Quelle: DLR)

Die emoin-Shuttle-Flotte kann durch ein vom DLR bereitgestelltes Backend administriert werden. Über die von Continental entwickelte **Leitstellen-App** können Fahrzeuge und Haltestellen spontan gesperrt und wieder aktiviert werden. Auf Grundlage der definierten Eigenschaften des einzelnen Shuttles hat das DLR eine On-Demand-Routing-Disposition bereitgestellt, die Fahrtwünsche auf den verfügbaren Shuttle verteilt und Routen (dynamische Fahrpläne) erstellt. Diese bedarfsgesteuerten Routen dienen als Grundlage für das vom Continental-Backend durchgeführte Handling der Fahraufträge. Insgesamt hat die dynamische Routenbildung mit **Pooling**, das heißt die Bündelung einzelner Fahrtwünsche, gut funktioniert, auch wenn manchmal, wegen der teilweise langen Strecken im Gebiet, spontanen Reisewünschen nicht entsprochen werden konnte.

Auf der Nutzerseite ermöglicht die **App „emoin“** den Zugang zum Shuttle, die Nutzung der Dienste und die Planung der Fahrt. Die Nutzer:innen können eine intermodale Fahrt sowohl mit dem Shuttle-Service als auch mit dem gesamten Hamburger Verkehrsnetz planen. In diesem Zusammenhang stellt das System Echtzeit-Informationen zu Verbindungen des öffentlichen Verkehrs bereit.

Die **Leitstelle** bietet dem Betreiber einen umfassenden Überblick über den Betriebszustand und wird in Form einer WEB-Anwendung bereitgestellt, die sich einfach in eine bestehende Leitstelle integrieren lässt. Der Betreiber erhält Fahrzeuginformationen wie Standort oder Belegung, und kann diese zur Überwachung und Nutzungsoptimierung verwenden, sowie Informationen zu Buchungen oder Verspätungen. Darüber hinaus kann das verfügbare Straßennetz gesteuert werden, was automatisch vom On-Demand-Routing berücksichtigt wird.

Ergebnisse

Während des Probetriebs haben **mehr als 1000 Fahrgäste** die Shuttles genutzt. Seit Betriebsbeginn wurden insgesamt **1.325 Kilometer** zurückgelegt, davon allein 231 Kilometer während des ITS World Congress vom 11. bis 15. Oktober. Am häufigsten wurden Fahrten zwischen 14 und 15 Uhr sowie zwischen 16 und 18 Uhr gebucht. Schnell hatten sich auch **Stamm-Fahrgäste**

gefunden, die mehrmals wöchentlich die gleiche Route zu ihrem gewünschten Ziel buchten. Die meisten Fahrgäste wollten in erster Linie die neue Art der Mobilität und der Fahrzeuge erleben. Sie berichteten übereinstimmend von einem angenehmen, sicheren und komfortablen Fahrgefühl. Die Begeisterung der Fahrgäste bekräftigt die VHH zur Weiterentwicklung der

Technologie, um als zweitgrößtes Verkehrsunternehmen Norddeutschlands auch weiterhin Mobilität von morgen innovativ und nachhaltig mitzugestalten.

Das **Nutzungserleben** und die **Akzeptanz des Systems** durch die Fahrgäste wurden vom DLR beschrieben, außer-

dem wurden Nutzungsanforderungen und -hemmnisse ermittelt. Stellvertretend sollen hier einige Ergebnisse aus der Untersuchung des Nutzungserlebens dargestellt werden. Hierzu wurde begleitend zum Betrieb eine Online-Fahrgastbefragung durchgeführt (siehe Abb. 17, 18, 19).

Würden Sie solche fahrerlosen Shuttles (ohne Fahrzeugbegleiter) nutzen?

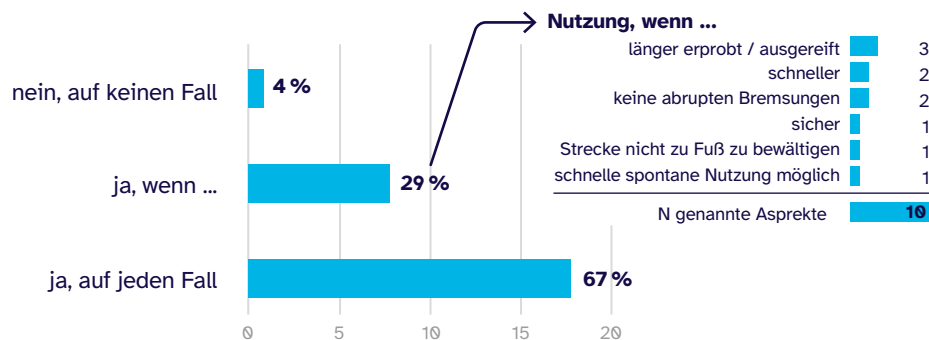


Abb. 19: Nutzungsintention der Befragten mit Blick auf mögliche zukünftige Verkehrsangebote mit autonom fahrenden Fahrzeugen ohne Fahrzeugbegleitung an Bord (Quelle: DLR)

Prototyp für einen Remote-Control-Arbeitsplatz

Im Teilprojekt wurde ein Remote-Control-Leitstellenarbeitsplatz als Labordemonstrator aufgebaut, der mit einer Simulation verbunden ist. Von diesem können automatisierte Shuttles überwacht und im Bedarfsfall remote aus der Leitstelle gesteuert werden. Hierfür wurde in einem iterativen, nutzerzentrierten Designprozess eine neuartige und optimierte Mensch-Maschine-Schnittstelle (HMI) erstellt und als mit einer Simulation verbundener

Demonstrator aufgebaut. Das HMI-Konzept wurde in einer Usability-Studie mit Leitstellenmitarbeiter:innen untersucht. Der entworfene Arbeitsplatz besteht aus insgesamt sieben Bildschirmen, die in drei Reihen angeordnet sind (siehe Abb. 20) und den Mitarbeiter:innen die teilautomatische Steuerung der Fahrzeuge ermöglichen sowie einen Überblick über den aktuellen Status zeigen.

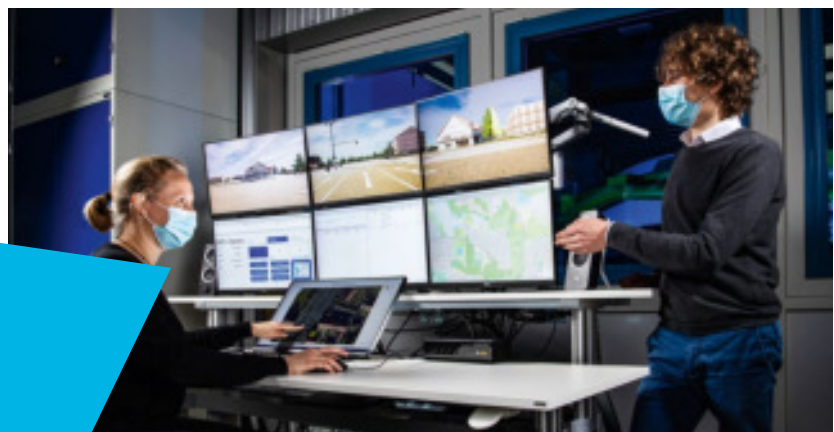


Abb. 20: Mechanischer Aufbau des Remote-Control-Leitstellenarbeitsplatzes im DLR und Beispielansichten für die obersten Bildschirmreihen (Quelle: DLR)

Checkliste

- Es empfiehlt sich, eine genaue **Gebietsanalyse**, insbesondere bezüglich des Bedarfs, im Vorfeld durchzuführen. Der intermodale Ansatz („door to door“) sollte hier konsequent und durchgehend sein und idealerweise sollten attraktive Umsteigehubs vom Shuttle zu anderen Verkehrsmitteln im Gebiet enthalten sein. Die **genaue Strecke** des Shuttles muss im Einzelfall jeweils nach bestimmten Kriterien **auf technische Machbarkeit geprüft werden**.
- Für den Freigabeprozess empfiehlt sich eine **enge Zusammenarbeit mit den lokalen Behörden** und die Einbindung eines erfahrenen technischen Dienstes, um die erfolgreiche Freigabe der Shuttles sicherzustellen. Die Anzahl der Shuttles sollte auf das On-Demand-Angebot abgestimmt sein, um Buchungsanfragen flexibel bedienen zu können.
- Beim Betriebsökosystem hat das Projekt gezeigt, dass die erfolgreiche Zusammenarbeit mehrerer Backends (EasyMile, Continental und DLR) gut funktioniert hat. Hierbei sind **offene Schnittstellen wichtig**, die gegebenenfalls vorhandene Standards bedienen. Vor Beginn des Betriebs muss das Betriebsökosystem jedoch gut getestet werden und flexible Anpassungen während der Einführungsphase müssen möglich sein.
- Eine gewisse **mediale Aufmerksamkeit und Bürgerbeteiligung** ist wichtig, um Vorbehalte zu beseitigen beziehungsweise Funktionalitäten (zum Beispiel: „Wie kann ich buchen?“, „Welche Bedingungen gelten?“) im Voraus zu erläutern.
- Die **App sollte leicht und intuitiv nutzbar sein** und die Operator:innen der Shuttles entsprechend geschult sein, da sie vor Ort oft als Ansprechpartner:innen fungieren und Hilfestellungen bezüglich der digitalen Dienste leisten müssen. Auch alternative Möglichkeiten zur Buchung über die App sind sinnvoll (beispielsweise wie in diesem Projekt telefonisch oder als Spontanbuchungsmöglichkeit über die Operator:innen).

Projektpartner



Kontakt emoin@vhhbus.de

On-Demand im ländlichen Raum

Auf dem Land leben weniger Menschen auf mehr Fläche. Um schnell und flexibel von A nach B zu kommen, brauchte man bisher ein Auto. On-Demand-Shuttle-Angebote bieten eine attraktive, zuverlässige und preiswerte Alternative zum motorisierten Individualverkehr. Das führt nicht nur zu größerer Flexibilität, sondern ist darüber hinaus klimafreundlicher, weil der Individualverkehr reduziert wird. Zudem wird das Leben auf dem Land durch eine verbesserte Erreichbarkeit attraktiver.

Projektbeschreibung

Ziel des Projektes ist die **Entwicklung neuer Servicekonzepte**, um ländliche beziehungsweise nachfragearme Regionen auf der Grundlage digitaler Mobilitätsplattformen bedarfsorientierter zu bedienen. Damit wird der bestehende ÖPNV gestärkt und ergänzt und die Mobilität der Menschen quantitativ und qualitativ verbessert. Die Integration des regionalen Service in das übergreifende Mobilitätsangebot der Metropolregion Hamburg sorgt zudem für die direkte Anbindung an die Metropole.

Seit Dezember 2020 transportieren in der Region Brunsbek/Lütjensee/Trittau im **Kreis Stormarn**, in der Elbmarsch im **Landkreis Harburg** sowie in der **Stadt Ahrensburg** On-Demand-Shuttles die Fahrgäste zur nächsten zentralen Busstation beziehungsweise zu einer Wunschadresse. Über eine Smartphone-App geben

die Nutzer:innen Start- und Zielort ein und erhalten die Abfahrtszeiten des Shuttles. Unterwegs können Passagiere mit ähnlichem Fahrtziel zusteigen. Der Shuttle-Service ist **in den ÖPNV-Tarif integriert** und teilweise mit einem Komfortzuschlag in Höhe von einem Euro pro Fahrt verbunden. Der Service ist **barrierefrei**, sodass auch Rollstuhlfahrende jederzeit transportiert werden können – ohne Zuschlag. Für Kinder stehen Kindersitze zur Verfügung. Im Kreis Stormarn und der Stadt Ahrensburg werden Elektroshuttles für sechs Fahrgäste eingesetzt, im Landkreis Harburg fahren Mercedes Sprinter, Busse mit Verbrennungsmotor und acht Sitzplätzen sowie ein Elektroshuttle. Im Kreis Stormarn und in Ahrensburg fährt der On-Demand-Shuttle unter dem Namen ioki Hamburg, in der Elbmarsch das elbMOBIL.



Abb. 21: Die Fahrtbuchung und Bezahlung erfolgen über eine App – flexibel, zeitnah und unkompliziert. (Quelle: KVG Stade GmbH & Co. KG)



Abb. 22: Von der Bestellung des On-Demand-Shuttles per App bis zum Ziel (Quelle: DLR)

Checkliste

- Es braucht **Förderprojekte** wie das Reallabor Hamburg, um neue Mobilitätsformen auf dem Land zu etablieren. Ohne die Bereitstellung von Fördermitteln hätte die Entwicklung von On-Demand-Shuttle-Services in der Region deutlich länger gedauert.
- Moderne App-Lösungen** funktionieren auch auf dem Land! Die Technik läuft zuverlässig und die Fahrer:innen kommen gut damit zurecht. In den Betrieben der Verkehrsunternehmen lässt sich das Mobilitätsangebot gut integrieren. Zudem zeigen die Zahlen, dass die zusätzliche Möglichkeit einer Telefonbuchung auf dem Land sinnvoll für ältere Menschen ist, die nicht mit der App arbeiten.
- Bei ländlichen Verkehren mit großen Strecken und damit hohen Kilometerleistungen ist ein **gutes Lademanagement für E-Fahrzeuge** gefragt. Das wirkt sich etwa auf die Pausenzeiten der Fahrer:innen aus, die mit der Ladezeit der E-Fahrzeuge an den Ladesäulen abgestimmt werden müssen.
- Hohe mediale Aufmerksamkeit** in den Bediengebieten bringt den Menschen das Thema integrierter „On-Demand“-ÖPNV näher und macht es erlebbar. Jedoch ist die Kommunikation bei ländlichen Projekten schwieriger als bei städtischen. In der Stadt erfahren die herumfahrenden Autos eine große Wahrnehmung. Auf dem Land erfolgt aufgrund der oftmals großen Entfernungen und geringeren Bevölkerungsdichte diese Wahrnehmung nicht.
- Betriebliche Herausforderungen sind nicht entstanden. Die Schaffung verschiedener Bezahlungssysteme (SEPA, PayPal, Kreditkarte) bedingt rechtlich und vertragstechnisch umfangreiche Abstimmungen mit externen Bezahl Dienstleistern. **Die Eingliederung in einen Verbundtarif hat sich als komplex erwiesen.**

Kooperation ist der Schlüssel zum Erfolg

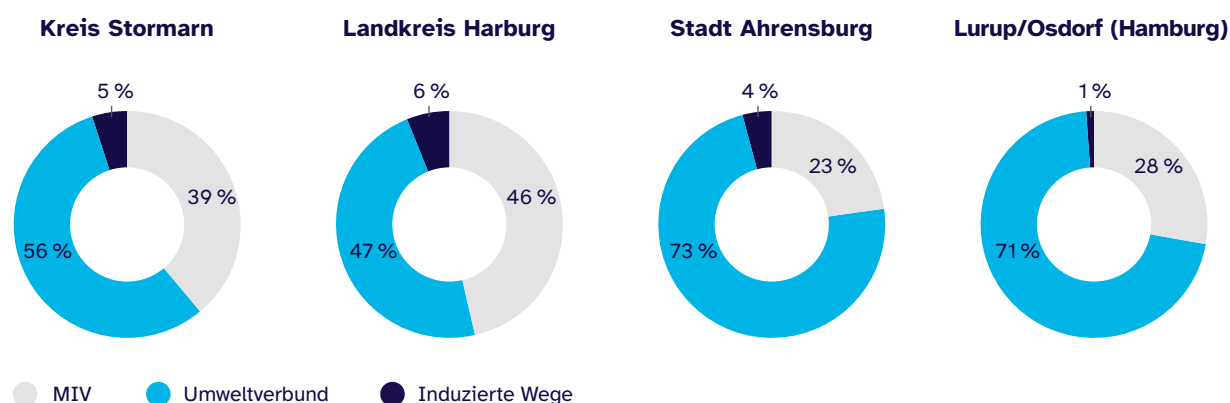
Das Projekt bietet die Chance herauszufinden, welche Kooperationen unterschiedlicher Partner notwendig sind, um eventuelle Hemmnisse zu überwinden. Die Projektpartner sind so gewählt, dass jeder einzelne

Partner sein Know-how einbringen kann und alle voneinander lernen. Von Beginn an hat sich gezeigt, dass ein regelmäßiger Austausch sowie ein kooperatives Miteinander der Schlüssel zum Erfolg sind.

Ergebnisse

Die Einführung der On-Demand-Shuttle-Verkehre in der Stadt Ahrensburg, dem Kreis Stormarn und dem Landkreis Harburg wurde durch die TU Hamburg wissenschaftlich begleitet. Im Zentrum des Interesses stand, wie die neuen bedarfsorientierten Angebote vor Ort wahrgenommen und genutzt werden und welche Folgen sich daraus für das Mobilitätsverhalten der Bevölkerung ergeben. Zum Einsatz kamen dabei Haushaltsbefragungen, Wegetagebücher sowie Befragungen von Fahrgästen in den Fahrzeugen. Die Erhebungen erfolgten im Zeitraum von Juni und September 2021.

Die Ergebnisse zeigen, dass Nutzer:innen der On-Demand-Shuttles überwiegend aus jüngeren und mittleren Altersgruppen stammen und regelmäßig auf das Angebot zurückgreifen. Darüber hinaus nutzen sie generell häufiger umweltschonendere Verkehrsmittel und haben seltener Zugang zu einem Pkw. Dementsprechend wird das Angebot überwiegend als Ergänzung zum klassischen ÖPNV verwendet – vor allem für die erste und letzte Meile.



Anmerkung: Die Werte für Hamburg stammen aus einem früheren Forschungsprojekt der TU Hamburg. Siehe dazu auch Diebold, Czarnetzki & Gertz (2021) – On-Demand-Angebote als Bestandteil des ÖPNV. Internationales Verkehrswesen, Jahrgang 73, Heft 3.

Abb. 23: Alternative Verkehrsmittel, die durch den On-Demand-Verkehr ersetzt wurden (Quelle: Erhebungen der TU Hamburg)

Erfreulicherweise zeigten die Erhebungen auch, dass wesentliche Teile der Nutzer:innen mit dem neuen Mobilitätsangebot Pkw-Fahrten ersetzen (Abb. 23). In den ländlich geprägten Untersuchungsgebieten (Kreis Stormarn und Landkreis Harburg) gaben 39 %

bzw. 46 % der Befragten an, dass sie für Wege, für die sie nun den On-Demand-Verkehr nutzen, ansonsten auf den motorisierten Individualverkehr (also in der Regel auf das eigene Auto) zurückgegriffen hätten. In Ahrensburg fällt dieser Anteil geringer aus (23 %),

was sich vor allem mit dem eher städtisch geprägten Untersuchungsgebiet erklären lässt, in dem der Pkw-Besitz allgemein niedriger und das ÖV-Angebot besser ausgebaut ist. In einer früheren Erhebung in den Hamburger Stadtrandgebieten Lurup und Osdorf zeigte sich ein ähnliches Bild wie in Ahrensburg. Induzierte Wege (also Wege, die erst durch den On-Demand-Verkehr verursacht werden) treten in den Untersuchungsgebieten nur in unbedeutenden Größenordnungen auf.

Die On-Demand-Shuttles werden von den Nutzer:innen überwiegend als komfortabel und zeitsparend empfunden. Folglich nahmen die meisten von ihnen durch die neuen Angebote eine Steigerung der persönlichen Mobilität und Flexibilität wahr. Dies gilt nicht nur, aber insbesondere, für Personen mit körperlichen Mobilitätseinschränkungen, die je nach Untersuchungsgebiet 16 % bis 28 % der Nutzer:innen ausmachen.

In allen drei Untersuchungsgebieten dominierten die Arbeits- und Freizeitwege die Nutzungszwecke der On-Demand-Shuttles. In dem städtisch geprägten Untersuchungsgebiet konnten zudem auch nennenswertere Anteile von Einkaufswegen als Nutzungszwecke verzeichnet werden. Als besonders wichtige Eigenschaften eines On-Demand-Verkehrs nannten die Befragten den direkten Systemzugang zum ÖV (z. B. durch Fahrten ab der oder bis zur Haustür) sowie möglichst spontane Buchungsmöglichkeiten. Verbesserungspotenzial bestand bei der Bereitstellung von Informationen zum Ablauf und zu den Bedingungen der Shuttle-Nutzung (z. B. zu den Voraussetzungen und zum konkreten Ablauf der Nutzung). Besonders erfreulich: In allen Untersuchungsgebieten sprach sich sowohl unter den Nutzer:innen als auch unter den bisherigen Nichtnutzer:innen jeweils die klare Mehrheit für den langfristigen Erhalt der On-Demand-Verkehre und für eine Ausweitung der Bediengebiete aus.

Projektpartner

An der Planung und Umsetzung des Projekts sind zahlreiche Partner beteiligt: Auf kommunaler Ebene die Stadt Ahrensburg, der Landkreis Harburg sowie der Kreis Stormarn. Die Umsetzung erfolgt durch den VHH – Verkehrsbetriebe Hamburg-Holstein sowie die KVG Stade. Die Projektkoordination und -kommunikation verantwortet die Süderelbe AG. Die ioki GmbH liefert den technischen Support, die TU Hamburg Harburg evaluiert das Projekt.



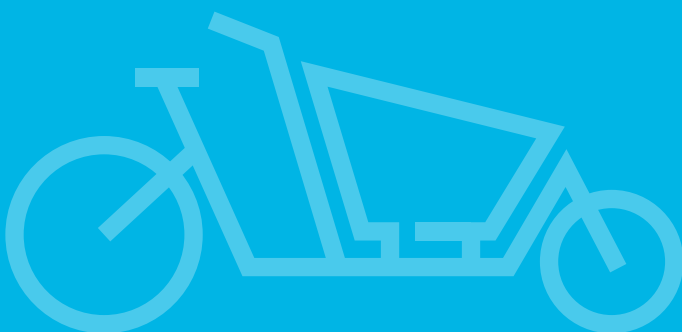
Kontakt Finn Blunck, Stadt Ahrensburg: finn.blunck@ahrensburg.de



3

—

Mikrodepot: Lastenrad statt Lieferwagen



Um Nutzungskonflikten im Straßenraum und der zunehmenden Umweltbelastung entgegenzuwirken, braucht es in Zukunft mehr alternative, innovative und stadtverträgliche Zustellmodelle. Das Mikrodepot ist eines davon.

Die Logistikbranche wächst. Bis zum Jahr 2022 erwartet der Branchenverband BIEK für Deutschland insgesamt 4,3 Milliarden Sendungen jährlich. Maßgeblicher Treiber dieser Entwicklung ist das rasante Wachstum des Online-Geschäftes. Mehr als 80 % der Sendungsempfänger wählen bei Onlinebestellungen die Haustürzulieferung, sodass die Verkehrsbelastung in Wohngebieten zunimmt.



Projektbeschreibung

Das Mikrodepot ist ein zentraler Umschlagsort, wo Waren und Sendungen zwischengelagert, sortiert und auf emissionsfreie Kleinstfahrzeuge umgeschlagen und verteilt werden. Die erfolgskritische letzte Meile wird

durch den Einsatz von Mikrodepots in eine vorletzte (vom Depot des Kurier-Express-Paket-Dienstleisters zum Mikrodepot) und letzte Meile (vom Mikrodepot zum Endkunden) aufgeteilt.

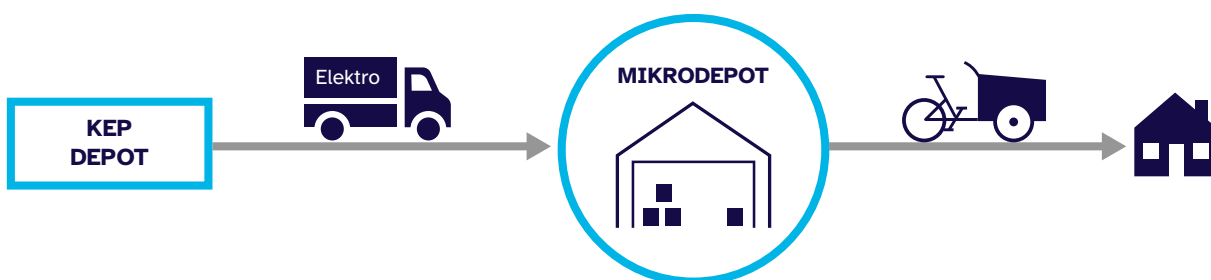


Abb. 24: Lösungsansatz Mikrodepot (Quelle: Hamburger Hochbahn)

Die **Feinverteilung** aus dem Mikrodepot heraus wird **über emissionsfreie Kleinstfahrzeuge** wie Lastenräder abgebildet. Lastenräder haben im urbanen Verkehr viele Vorteile, da sie wendiger sind, die vorhandene Fahrrad-Infrastruktur nutzen können und die Parkplatzsuche entfällt. Außerdem können zufahrtsbeschränkte

Straßen wie Einbahnstraßen befahren werden. Darüber hinaus sind elektronisch angetriebene Lastenräder leiser als Transporter, verursachen keinen lokalen Feinstaub und keine CO₂-Emissionen und entlasten den städtischen Verkehr.



Abb. 25: Zielsetzungen Mikrodepot (Quelle: ifok)

Innerhalb des Projektvorhabens wurden **zwei anbieterübergreifende Mikrodepots** mit diskriminierungsfreiem Zugang für KEP-Dienstleister, Radlogistiker und Einzelhändler realisiert.

Mikrodepot Burchardstraße

Das Mikrodepot in der Burchardstraße 17 (20097 Hamburg) ist 350 m² groß und wird von den drei Paketdienstleistern Hermes, UPS und Deutsche Post Paket sowie dem Einzelhändler Rewe Digital genutzt. Mit dem Einsatz von drei bis vier Lastenrädern pro Partner sind allerdings die Kapazitätsgrenzen unter maximaler Flächenauslastung erreicht. Dieses Mikrodepot ist mit dem erreichten Volumenumschlag von 19.000 Sendungen pro Monat **aktuell Deutschlands größtes und volumenstärkstes anbieterübergreifendes stationäres Mikrodepot** und wird von allen beteiligten Partnern und auch der Stadt Hamburg als voller Erfolg beurteilt.

Ergebnisse

Die bisherigen 10 Betriebsmonate haben bewiesen, dass das Mikrodepot ein **zukunftsfähiges Konzept** für die Innenstadt-Logistik der Stadt Hamburg darstellt.

Die emissionsfreie Zustellung sowie die Bündelung im Mikrodepot und anschließende Feinverteilung per Lastenrad leisten einen signifikanten Beitrag zur Emissionsreduktion und zur Entlastung des Gesamtverkehrs.

Mikrodepot Zentraler Omnibus Bahnhof (ZOB)

Das zweite Mikrodepot wurde im Mai 2021 in den Betrieb genommen. Die Räumlichkeiten befinden sich direkt am ZOB Hamburg (Adenauerallee 78, 20097 Hamburg) und gehören somit zu den Infrastruktureinrichtungen der HOCHBAHN. Das Mikrodepot am ZOB wird von den **Start-ups und Radlogistikern** Tricargo, Frischepost, Recycle Hero, Kiezbringer und Remondis genutzt. Auf einer Fläche von 65 m² werden überwiegend Lebensmittelsendungen umgeschlagen und an private Haushalte ausgeliefert. Neben der Unterbringung und dem Aufladen von bis zu vier elektrischen Lastenrädern wurde die Fläche für den Warenumschlag und auch als Zwischenlager für beispielsweise Leergut oder Altkleider genutzt. Dadurch konnten die Kapazitäten auf den einzelnen Touren erhöht werden. In dem Testzeitraum ab Juni konnten mehr als 1.000 Aufträge emissionsfrei mit dem Lastenrad ausgeliefert und über 3.000 kg Altkleider abgeholt werden.

Trotz der positiven Bewertung aller beteiligten Partner lässt sich das Mikrodepot aktuell noch nicht eigenwirtschaftlich betreiben. Eine weitere Subventionierung zur Fortführung und zum Ausbau ist notwendig. Langfristig ist es das Ziel, das Mikrodepot in die Wirtschaftlichkeit zu überführen, durch Senkung der betrieblichen und operativen Kosten und eine Vergrößerung der Umschlagsfläche.



Abb. 26: Umbaumaßnahmen, Ladeschrank und Ladezone (Quelle: Hamburger Hochbahn)

Checkliste

- **Standort:** Essenziell für den Erfolg eines Mikrodepots sind die Lage und die Größe des Standortes. Zentrale Innenstadtlagen oder dicht besiedelte angrenzende Wohnquartiere stellen eine ideale Lage dar, um eine hohe Zustelldichte gewährleisten zu können. Darüber hinaus spielt auch die Größe des Mikrodepots eine wesentliche Rolle, da die zur Verfügung stehende Fläche über den möglichen Paketumschlag entscheidet und auch die möglichen Stellplätze für Lastenräder bestimmt.
- **Kooperation:** Für den Projekterfolg ist eine anbieterübergreifende Lösung sehr wichtig, um möglichst große Effekte auf der letzten Meile erzielen zu können. Außerdem müssen wichtige Akteure aus der regionalen Politik und den lokalen Bezirken herangezogen werden, um diese durch frühzeitige Einbindung und Transparenz als Unterstützer gewinnen zu können.
- **Rechtliche Rahmenbedingungen:** Der Betreiber eines Mikrodepots ist in erster Linie für die Einhaltung der Arbeitsstättenverordnung verantwortlich und muss sicherstellen, dass die zur Verfügung gestellte Arbeitsstätte normkonform ist. Die Ausübung der Tätigkeiten im Mikrodepot (operativen Abläufe) liegen im Verantwortungsbereich der jeweiligen Partner.
- Für das **Genehmigungsverfahren** ist Zeit einzuplanen, da es in der Regel keine bestehenden Vorlagen beziehungsweise Erfahrungen für das Verfahren mit einem Mikrodepot gibt.
- **Finanzierung:** Die Anmietung von Objekten/Flächen im zentralen Innenstadtbereich und in den angrenzenden Quartieren ist sehr kostenintensiv. Eine Abdeckung dieser Kosten durch die Beteiligung der Logistikdienstleister wird langfristig nur schwer umsetzbar sein, da der Umschlag über das Mikrodepot gegenüber der konventionellen Zustellung mit dem Sprinter Mehrkosten verursacht. Eine stärkere Unterstützung auf kommunaler Ebene ist wünschenswert, beispielsweise durch die Bereitstellung von Objekten/Flächen. Entscheidend für eine langfristige Tragbarkeit hin zur Überführung in einen wirtschaftlichen Betrieb sind die Betriebskosten (wie Mietzahlungen), die Größe der Fläche, der Volumendurchsatz und die operativen Kosten.

Projektpartner



Kontakt Karen van der Linde, Hamburger Hochbahn AG: karen.van_der_linde@hochbahn.de
Michael Peuker, Hermes Germany GmbH: presse@hermesworld.com



4

—



Vernetzte Verkehrsteilnehmer:innen & intelligente Verkehrsinfrastruktur



Die steigende Verkehrsdichte vor allem in Städten erhöht die Gefahren für alle Verkehrsteilnehmenden. Digitale Mobilitätsservices und die Vernetzung von Verkehrsteilnehmenden mit einer intelligenten Verkehrsinfrastruktur können nicht nur dabei unterstützen, dass sich die Menschen umwelt- und klimafreundlicher fortbewegen. Sie bergen auch ein enormes Potenzial, die Verkehrssicherheit besonders für Fußgänger:innen, Rad- und Scooter-Fahrer:innen zu verbessern und sie sicher durch Kreuzungen und über Bahnübergänge zu leiten.



Vernetzung besonders gefährdeter Verkehrsteilnehmer:innen

*Um sicher und komfortabel ans Ziel kommen, vernetzt das Teilprojekt ausgewählte Verkehrsinfrastrukturelemente wie Lichtsignalanlagen und Andreaskreuze mit den Verkehrsteilnehmer:innen. Zusätzlich stellt es Dienste zur **Kollisionswarnung** bereit, welche die Sicherheit, insbesondere der besonders gefährdeten Verkehrsteilnehmenden, wie Fußgänger:innen und Fahrradfahrer:innen (engl. Vulnerable Road User (VRU)), erhöhen.*

Damit diese Dienste funktionieren, ist ein Datenaustausch mit geringer Zeitverzögerung notwendig. Dafür sorgt die von der Deutschen Telekom bereitgestellte Mobile-Edge-Computing-Plattform (MEC) auf Basis des neuen Mobilfunkstandards 5G. Darüber hinaus demonstriert und testet T-Systems den Zugriff auf offene Daten

aus der Verkehrsinfrastruktur Hamburgs. Das Projekt entwickelte folgende Dienste: **Kollisionswarnung**, **Ampel-Assistent**, **digitales Andreaskreuz** und einen **Dienst zur verbesserten Positionsbestimmung** von Verkehrsteilnehmenden.



Kollisionswarnung

Nutzer:innen müssen reagieren bei einer Reaktionszeit von 2–4 Sekunden vor Kollision



Ampel-Assistenz (GLOSA)

Nutzer:innen müssen reagieren bei einer Reaktionszeit von 500 m



Location as a Service

Nutzer:innen müssen reagieren bei einer Reaktionszeit von 2–4 Sekunden



Digitales Andreaskreuz

Nutzer:innen müssen reagieren bei einer Reaktionszeit von 500 m

Kollisionswarnung (Digitaler Schutzengel)

Die Kollisionswarnung kann an allen Orten eingesetzt werden, die als Unfallschwerpunkte oder Orte mit hohem Unfallrisiko gelten wie etwa Kreuzungen. Diese Orte werden als Hotspots bezeichnet, die einen geografisch eingegrenzten Raum um eine beliebige Geoposition herum

definieren. An derartigen Kreuzungen besteht ein hohes Risiko für besonders gefährdete Verkehrsteilnehmende, durch abbiegende Fahrzeuge übersehen und durch eine Kollision verletzt zu werden.



Abb. 28: Tests der Kollisionswarnung
(Quelle: Deutsche Telekom)

Um dem vorzubeugen, können sich Verkehrsteilnehmende mit einem Smartphone oder einem im Fahrzeug verbauten Gerät mit dem Kollisionswarndienst verbinden. Dadurch werden permanent Cooperative Awareness Messages (CAM) geliefert, die Informationen über den eigenen Aufenthalt innerhalb eines Hotspots beinhalten.

Besteht die Gefahr einer Kollision, erhalten die Verkehrsteilnehmenden eine Decentralized Environmental Notification Message (DENM), das heißt eine Benachrichtigung, welche sie rechtzeitig und präzise vor einem wahrscheinlichen Unfallszenario bewahrt. Dafür übermittelt die DENM-Nachricht Angaben über den Kollisionspunkt, die Kollisionswahrscheinlichkeit und die Art und Position von Kollisionspartner:innen und anderen Verkehrsteilnehmenden.

Alle versandten Nachrichten-Definitionen sind standardisiert nach ETSI-ITS, also vom European Telecommunications Standard Institute für Intelligent Transport Systems. Das bedeutet, dass eine Kommunikation zwischen Client

und Backend nur innerhalb der vordefinierten Hotspots stattfindet. Die Server analysieren nahezu in Echtzeit die eingehenden Bewegungen der Objekte und berechnen daraus Aufenthalts-Wahrscheinlichkeiten. Angereichert durch hochgenaue digitale Karten, Ampelraten, Fußgänger-Manövererkennung und maschinelles Lernen trifft das System Entscheidungen und übermittelt diese an die jeweiligen Verkehrsteilnehmenden. Die Analyse findet in der Mobile-Edge-Computing-Plattform (MEC) statt, die sich am nächsten zu den Endgeräten der Verkehrsteilnehmenden befindet. Dank kurzer Wege und schneller Mobilfunkverbindungen beträgt die maximale Durchlaufzeit so nur 200 Millisekunden.

Die Information einer möglichen Kollisionsgefahr am Endgerät wird abhängig vom Typ der Verkehrsteilnehmenden verarbeitet und kenntlich gemacht. Audiovisuelle und haptische Signale im Smartphone, der Smartwatch oder im Auto warnen zwei bis vier Sekunden vor der Kollision die Verkehrsteilnehmenden.

Ampel-Assistent (Traffic Light Assistant)

Wenn Ampeln Geschwindigkeitsempfehlungen senden und Fahrende sich daran orientieren, reduziert das den

Kraftstoffverbrauch. Das zeigen Systeme wie der Traffic Light Assistant. Der Fokus dieses Dienstes liegt nicht

nur auf Pkws, sondern auch auf Rad- und E-Scooterfahrer:innen. Die **App liefert Phasen- und Prognoseinformationen zu Lichtsignalanlagen** im Testfeld für vernetztes und automatisiertes Fahren (TAVF). Der Ampel-Assistent verarbeitet dazu sowohl standort- als auch kartenbasierte Informationen. Er ermittelt die für die Nutzer:innen relevanten Ampelsysteme anhand seiner Position und seiner Fahrtrichtung und informiert anschließend über die aktuelle Signalphase der nächsten Ampel, verbunden mit einer Prognose zum nächs-

ten Phasenwechsel. Die Daten der Lichtsignalanlagen werden von den zentralen Servern, zum Beispiel der Hersteller-Cloud von Siemens und von einem Übergabepunkt des Betreibers der Verkehrsanlagen in Hamburg (HHVA), an den 5G Edge Server der Deutschen Telekom weitergeleitet. Das Datenaustauschformat ist der europäische Standard ETSI-ITS für „Signal Phase and Timing“ (SPaT) sowie Nachrichten in den Formaten MAP (Topology Information of the Intersection) und Cooperative Awareness Messages (CAM).



Abb. 29: Ansicht der Traffic Light Assistant App (Quelle: Deutsche Telekom)

Die Verzögerung zwischen dem im Steuergerät erzeugten Signal der Lichtsignalanlage und der Anzeige in der App liegt unter 250 Millisekunden und ist für die Nutzer:innen optisch nicht wahrnehmbar. Die bisher im TAVF-Testfeld **bereitgestellten Karten wurden um Fahrradwege ergänzt**, sodass auch Fahrrad- und E-Scooterfahrende den Dienst nutzen können. Die Positionsgenauigkeit durch Satellitennavigationssysteme in den Smartphones der letzten Generation ist ausreichend, sofern für alle Kreuzungspunkte Kartendaten der Stadt bereitgestellt werden. Die Anbindung der Lichtsignalanlagen kann über eine Hersteller-Cloud oder über eine Schnittstelle zu einem Server der Stadt erfolgen.

BMW hat die Funktion einer Ampelanzeige als Proof of Concept (PoC) in Form einer **Fahrzeugapplikation** implementiert. Hierzu wurde eine Backend-Verbindung zur Mobile Edge Cloud der Deutschen Telekom über ein BMW-Backend etabliert. Dieses Backend steuert dann die Verteilung der relevanten Ampelinformationen, Topologie und Status zu den relevanten BMW-Fahrzeugen und wird hier innerhalb einer neu entwickelten Applikation bedarfsgerecht je nach Position angezeigt. Die folgende Display-Darstellung zeigt dies exemplarisch:



Abb. 30: Darstellung des Ampel-Assistenten im BMW-Display (Quelle: BMW)

Positionsverbesserung (Location as a Service)

Assistenzsysteme wie der Ampel-Assistent, der Digitale Schutzengel und das Digitale Andreaskreuz (siehe S. 38) erhöhen die Sicherheit für Verkehrsteilnehmer:innen. Damit diese Assistenzsysteme auch für besonders gefährdete Verkehrsteilnehmende zur Verfügung stehen, ist eine **hochgenaue Positionierung notwendig**. Entscheidend dabei ist, die richtige Spur einer Straße zu ermitteln, um zum Beispiel die korrekte Ampelschaltung zu ermitteln oder eine mögliche Kollision festzustellen.

Daher wurde von Fraunhofer FOKUS mit **Location as a Service** (LaaS) ein Dienst implementiert, der als Mobile-Edge-Cloud(MEC)-Service die Positionen von Nutzer:innen verbessern kann. Ein wesentlicher Bestandteil dieses Dienstes sind hochauflösende Karten (sog. HD-Karten). Diese sind speziell für Assistenzsysteme entwickelt, denn sie bieten zentimetergenaue Informationen. Sie enthalten Daten über den Verlauf von Spuren und insbesondere, wie diese zueinander liegen und miteinander verbunden sind.

LaaS kann auch auf dem Fahrrad, im Pkw, von Fußgänger:innen oder von E-Scooterfahrer:innen genutzt werden. Dafür wird eine Bibliothek bereitgestellt, die in Smartphone-Apps oder Fahrassistenzsysteme integriert wird. Dabei werden Informationen von den Nutzer:innen zum LaaS-System gesendet, beispielsweise über Position, Geschwindigkeit und Richtung.

Eine Local Dynamic Map (LDM) ermöglicht es, dass weitere Mobile-Edge-Cloud-Dienste, wie zum Beispiel

die Vorhersage von Grünphasen von Lichtsignalanlagen (engl. Green Light Optimal Speed Advisory (GLOSA)), direkt mit LaaS verbunden werden. Auf den Endgeräten kümmert sich die Bibliothek um den Austausch der Daten. In der Mobile Edge Cloud verwendet LaaS diese Daten anonymisiert, um die Positionierung aller Nutzer:innen zu verbessern, indem sie untereinander sowie mit einer HD-Karte verglichen werden.

GPS und andere Global Navigation Satellite Systems (GNSS) haben bei der Berechnung von Positionen häufig eine Abweichung von fünf Metern oder mehr. Daher können GPS-Positionen nicht für spurgenaue Assistenzsysteme wie GLOSA oder Kollisionswarnungen genutzt werden. Diese **Sensorungenauigkeit wird durch den Dienst Location as a Service ausgeglichen** sowie die relative Verortung zwischen Verkehrsteilnehmer:innen, die sich in der Nähe befinden, ermittelt.

Wenn man die relative Verortung mehrerer Verkehrsteilnehmer:innen zueinander kennt, lässt sich der Bereich, in dem sie sich befinden, klar ermitteln. Dazu werden verschiedene Konstellationen mit allen Verkehrsteilnehmer:innen gemeinsam betrachtet. Durch dieses Verfahren ergibt sich eine Positionierung, in der für alle Verkehrsteilnehmer:innen die Spur ermittelt werden kann. Eine Visualisierung der Verbesserung durch LaaS zeigt Abbildung 31. Die Objekte befinden sich zunächst neben dem fahrbaren Bereich und werden durch LaaS korrekt auf der Fahrbahn verortet.

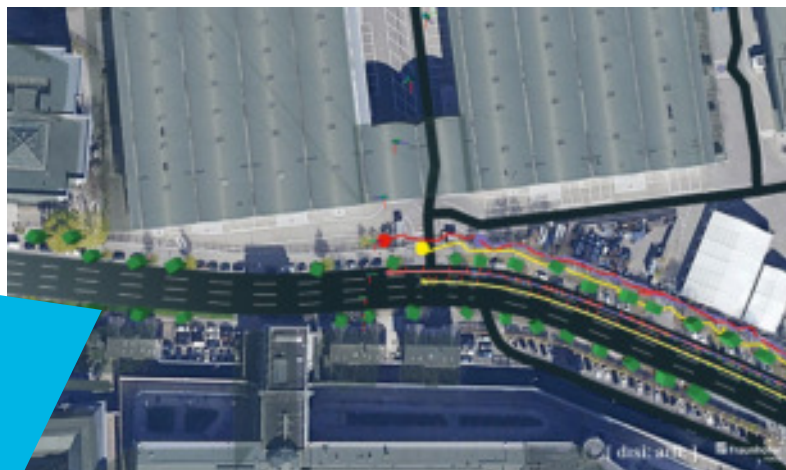


Abb. 31: Positionsverbesserung durch LaaS
(Quelle: Fraunhofer FOKUS)

Ergebnisse

Die **Kollisionswarnung** wurde an verschiedenen Kreuzungen in Hamburg erfolgreich getestet und im Verbund mit weiteren Systemen verfeinert. Die Kollisionswarnung funktioniert in verschiedenen **getesteten Szenarien**:

- Die Verkehrsteilnehmenden sehen sich nicht – etwa wenn ein hohes Gebäude die Sicht verdeckt.
- Auf einem unbeschränkten Bahnübergang (dort werden Züge als Verkehrsteilnehmende betrachtet)
- Einbeziehung von Ampel Daten in die Erfassung (Erwartung, dass Verkehrsteilnehmende bei Rot stehen bleiben und bei Grün fahren – Verbesserung des Kollisionswarnungs-Algorithmus durch Datenverifikation)
- Erkennung von zusammengehörigen VRU-Gruppen,

zum Beispiel sich in eine Richtung bewegende Gruppe an Fußgänger:innen, Fahrrad/Scooter

- Rechtsabbieger:innen/Linksabbieger:innen/ Kreuzungsszenarien (inklusive Einbeziehung von Fußgänger:innen, Fahrrad/Scooter, Pkw)
- Shuttle (elektrische und/oder autonome Fahrzeuge)
- Einbeziehung intelligenter Kreuzungen

Der **Ampel-Assistent (Traffic Light Assistant)** wurde erfolgreich zum ITS World Congress bereit- und vorgestellt. Der Testbetrieb zeigt, dass der Ampel-Assistent über Mobilfunk flächendeckend und skalierbar eingeführt werden kann. Zudem wurde gezeigt, dass sich der Dienst auf weitere Infrastrukturelemente wie beschränkte und unbeschränkte Bahnübergänge erweitern lässt.

Checkliste

Um Dienste wie den Traffic Light Assistant und den Kollisionswarndienst zu installieren und zu betreiben, müssen folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- Die **Verfügbarkeit der Verkehrsinfrastruktur-Daten**, insbesondere von Lichtsignalanlagen (Phase und Prognosedaten) und Verkehrsmessensordaten an Kreuzungen muss sichergestellt sein, bevor das Projekt startet.
- Nur durch die **Bereitstellung von standard-konformen Daten** (SPaT, MAP, CPM, DENM etc.) können ITS-Dienste mit einer großen Reichweite entstehen und „Insellösungen“ vermieden werden.
- Die **Bereitstellung offener Schnittstellen** seitens der Kommunen ermöglicht es, eine Vielzahl von

Nutzer-Apps zu entwickeln beziehungsweise einzelne Funktionen in bestehende Apps zu integrieren.

- Für den Kollisionswarndienst muss die Stadt eine **Auswahl kritischer Unfallschwerpunkte / Kreuzungen** erstellen und hochgenaue digitale Fußgänger-, Radweg-, und Straßenkarten bereitstellen. Diese werden auch für den LaaS-Dienst benötigt.
- Für den Kollisionswarndienst und für den LaaS-Dienst sollte eine **LTE/5G-Edge-Cloud-Anbindung** erfolgen, um sehr geringe Antwortzeiten zu garantieren.
- Es ist eine **leistungsfähige Betriebsinfrastruktur** mit definierter Quality of Service (QoS) erforderlich (Latenz, Datenqualität, Ausfallsicherheit), um sicherheitskritische ITS-Anwendungen wie Kollisionswarnung und GLOSA zu betreiben.

Projektpartner



Digitales Andreaskreuz (DiAK)

Das Teilprojekt „Digitales Andreaskreuz“ zielt darauf ab, durch neue Technologien und neuartige vernetzte Verkehrsinfrastrukturen den Komfort und vor allem die Aufmerksamkeit der Verkehrsteilnehmer:innen im Umfeld von Bahnübergängen zu erhöhen. Dafür demonstriert es eine vollständige End-to-End-Funktionskette im Rahmen eines Proof of Concept zur Validierung einer möglichen Serienimplementierung.

Projektbeschreibung

Das digitale Andreaskreuz kann die **Aufmerksamkeit an Bahnübergängen steigern**, indem es drahtlos Daten über den aktuellen Status des Bahnübergangs, erwartete zukünftige Änderungen, wie zum Beispiel ankommende

Züge, und die Position des Bahnübergangs aussendet. Diese Daten können Autofahrer:innen und anderen Verkehrsteilnehmer:innen angezeigt werden.

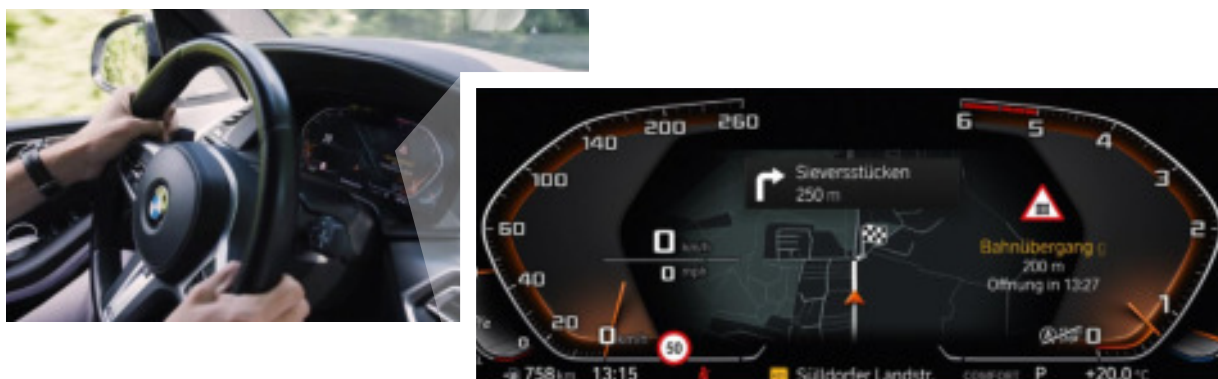


Abb. 32: Darstellung der Bahnübergang-Anzeige im BMW-Display (Quelle: BMW)

Die notwendigen Daten werden durch die **Nachrüstung bestehender Bahnübergänge** erhoben.

In diesem Fall erfolgt die Informationskommunikation direkt und auch über Cloud-basierte Infrastruktur. Realisiert wurde sie über Technologien, die auf Mobilfunk und einer Vernetzung von Autos mit der Verkehrsinfrastruktur (engl. Vehicle-to-everything (V2X)) basieren.

Im Rahmen des Reallabors sind **zwei Anwendungsfälle** umgesetzt und getestet worden:

- technisch gesicherter Bahnübergang mit Abgreifen der Information aus der vorhandenen Infrastruktur

- nicht technisch gesicherter Bahnübergang: der Zug sendet seine Position mittels einer On-Board-Unit (OBU) direkt an die Digitale-Andreaskreuz-Road-Side-Unit (DiAK-RSU)

Anhand der übermittelten Information wird der Zustand des Bahnüberganges (belegt/nicht belegt) und gegebenenfalls die Prognose der Änderung ermittelt und ausgesendet.



Einen Erklärfilm zum Projekt finden
Sie online.



Abb. 33: Use Case 2, Bahnübergang im Getreideterminale mit der Digitalen-Andreaskreuz-Road-Side-Unit (Quelle: Deutsche Bahn AG)

Technische Umsetzung

Am Bahnübergang wurden Standardkomponenten eingesetzt, dazu gehört auch eine serienmäßige Road-Side-Unit (ein Computer mit WLAN Modul), bei der die Logik projektspezifisch angepasst wurde. Ein Konverter, der ITS-5G-Nachrichten filtern, umwandeln und über eine Mobilfunkverbindung versenden kann, wurde prototypisch im Projekt entwickelt.

Eine On-Board-Unit (ein Sender, Standardkomponente, projektspezifische Logik) wurde im Schienenfahrzeug für den nicht technisch gesicherten Bahnübergang eingesetzt.

Es wurde ein Server für die Datensammlung aller beteiligten Komponenten genutzt, mit weiteren Daten angereichert und für die Simulation verwendet. Ein Simulations-Framework für die Simulation der Road-Side-Unit-Reichweite und der Fahrzeugdichte wurde in der Software „Simulation of Urban Mobility (SUMO)“ implementiert. Die Analyse und Darstellung der Daten von den Andreaskreuzen und den Straßenverkehrsfahrzeugen aus dem Feld und der Simulation wurden mit SUMO durchgeführt.



Abb. 34: Darstellung der Reichweite des Bahnübergangs (Base Map: Freie und Hansestadt Hamburg, Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung) (Quelle: DLR)

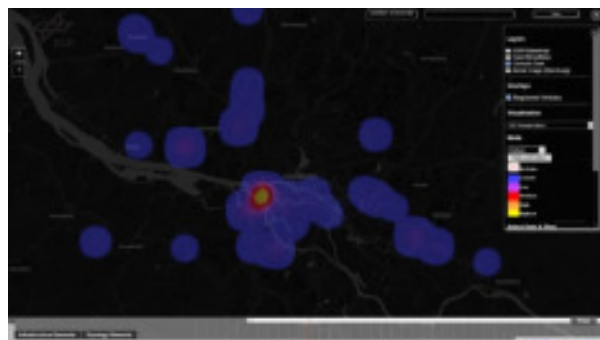
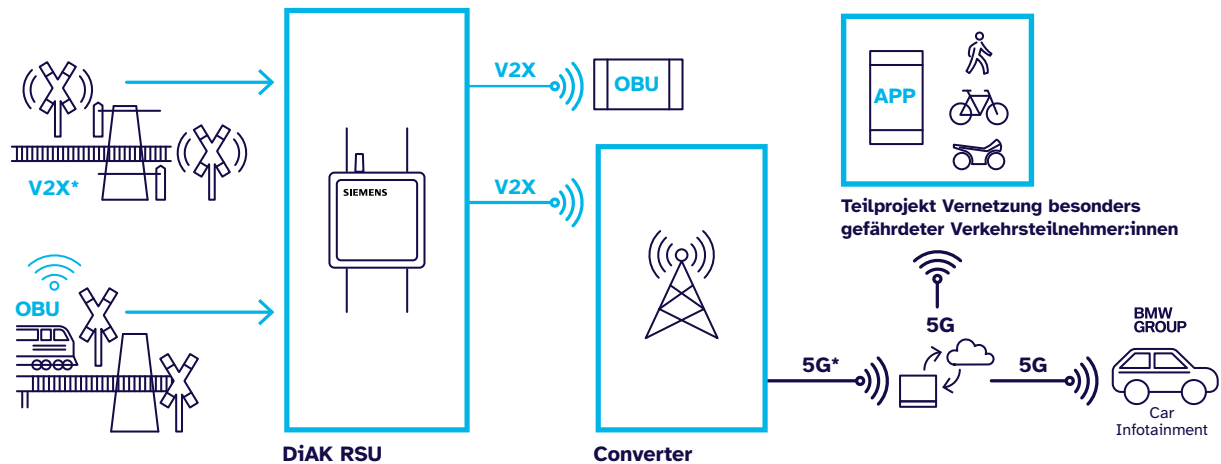


Abb. 35: Simulierte Fahrzeugdichte mit SUMO Software (Base map: OpenStreetMap) (Quelle: DLR)

Systemarchitektur



OBU - On-Board-Unit RSU - Road-Side-Unit V2X* - Standard IEEE 802.11p 5G* oder andere mobile Datenübertragung

Abb. 36: Infografik zur Vernetzung von Bahnübergängen und Verkehrsteilnehmer:innen (Quelle: Deutsche Bahn)

Ergebnisse

Die komplette Funktionskette – angefangen bei der Datenerfassung am Bahnübergang bis hin zur Anzeige im Fahrzeug – wurde erfolgreich getestet. Bei der Übertragung der Informationen wurde sich an dem ETSI TS 103 301 Standard orientiert. Dabei hat sich herausgestellt, dass bisher **keine gültigen Standards für Signale und Ereignisse von Eisenbahninfrastruktur** existieren. Diese sind allerdings in Zukunft unabdingbar, damit Verkehrsteilnehmer:innen und Infrastruktur geräteübergreifend miteinander kommunizieren können.

Damit die Nachrichten erfolgreich übertragen werden konnten, wurden für das konkrete Teilprojekt unter Abstimmung mit allen Projektbeteiligten Werte und Felder benutzt, die nach der Logik am besten geeignet sind. Für eine Ausweitung des Dienstes Digitales Andreaskreuz müsste die Nutzung der Eisenbahninfrastruktur in den für Nachrichtenformate gültigen Standards für Signale und Ereignisse von Eisenbahninfrastruktur verankert werden, um die Kommunikation von Eisenbahninfrastruktur und Verkehrsteilnehmer:innen zu ermöglichen.

Checkliste

- Technische Schnittstellen so früh wie möglich abstimmen, damit spätere Missinterpretationen vermieden werden
- Frühzeitige Einbindung der Verantwortlichen für die Infrastruktur
- Die wirtschaftlichen Aspekte der Überführung der Projektergebnisse in den Produktivbetrieb beachten (wirtschaftlich vertretbare Lösungen finden)

Projektpartner

BMW
GROUP

DB

DLR

HPI Hasso
Plattner
Institut
IT Systems Engineering | Universität Potsdam

SIEMENS

Kontakt Jossekin Beilharz, Hasso-Plattner-Institut gGmbH: jossekin.beilharz@hpi.de
Andreas Greisser, BMW Group: andreas.greisser@bmw.de
Aldis Kundrats, DB System GmbH: aldis.kundrats@deutschebahn.com
Jan Ahlswede, Siemens Mobility GmbH: jan.ahlswede@siemens.com
Miriam Grünhäuser, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt: miriam.gruenhaeuser@dlr.de





5

—

Beteiligung und Kommunikation



Wie muss ein Dialogprozess gestaltet sein, um ein gesellschaftlich akzeptiertes Mobilitätssystem für das Hamburg von morgen zu finden? Im Rahmen der begleitenden Dialogstrategie wurden die Bedürfnisse, aber auch Ängste der Bürger:innen an Mobilitätslösungen der Zukunft erfasst und für die Weiterentwicklung von innovativen Mobilitätslösungen genutzt. Darüber hinaus wurden Dialogmethoden mit den relevanten Stakeholdern getestet, die an der kommunalen Mobilitätsentwicklung mitwirken.



Projektbeschreibung

In Forschung und Praxis gilt es als Schlüssel, alle Akteur:innen an gesellschaftlichen Transformationsprozessen zu beteiligen. Nur so werden Veränderungen akzeptiert und haben langfristig Bestand. Die wichtigsten Zielgruppen in diesem Teilprojekt waren Bürger:innen sowie Kommunalverwaltungen und Wirtschaftsakteur:innen. Die Dialogstrategie zielte darauf ab, Bedürfnisse

und Wünsche an Mobilitätslösungen der Zukunft systematisch zu erfassen, praxisnahe Anforderungen abzuleiten und zielgerichtet an Entscheidungsträger:innen aus Verwaltung, Wirtschaft und Gesellschaft zu tragen. Dabei lag der Fokus auf den drei zentralen Elementen Erleben, Gestalten und Erproben.

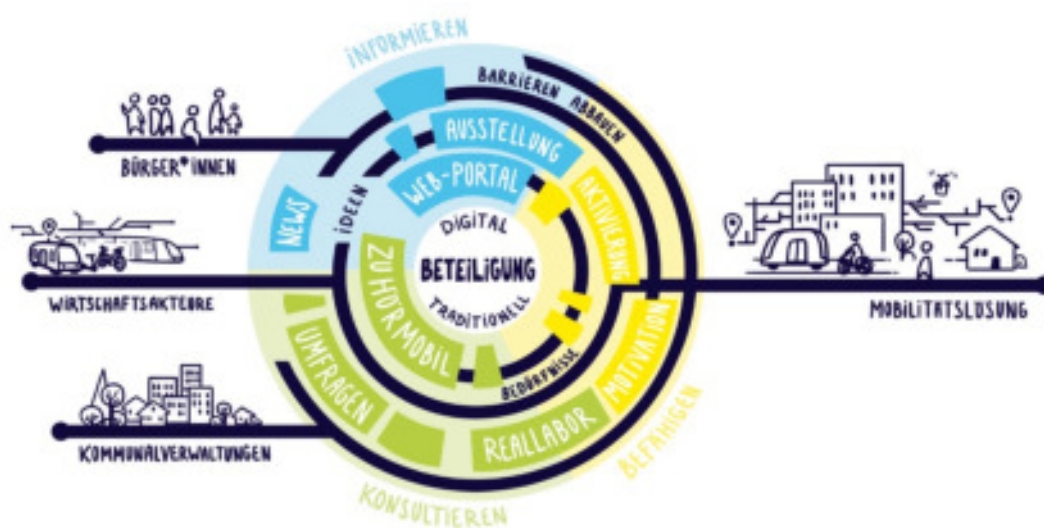


Abb. 37: Schematische Darstellung des Beteiligungsprozesses im RealLabHH (Quelle: DLR)



ERLEBEN

ließen sich neue Mobilitätslösungen in digitalen Mobilitätswerkstätten. Dort konnten sich die Teilnehmer:innen in Nutzergeschichten und mit haptischen Elementen in Mobilitätsinnovationen hineinversetzen. Dafür wurden Methoden der Co-Creation für die Anwendung im digitalen Raum angepasst und weiterentwickelt.



GESTALTEN

konnten die Nutzer:innen zukunftssträchtige und zielgruppen-gerechte Mobilitätslösungen. Sie sammelten Ideen, die von Expert:innen aus Politik und Wirtschaft aufgegriffen und weiterentwickelt wurden. Dafür war beispielsweise das ZuHörMobil unterwegs, um vor Ort Ideen, Wünsche und Anregungen zu sammeln.



AUSPROBIEREN

konnten Bürger:innen schließlich innovative Verkehrsmittel wie die On-Demand-Shuttles in Ahrensburg, Winsen und Trittau oder das autonome Shuttle in Bergedorf.

Mobilitätswerkstätten mit Bürger:innen

In der Zeit von November 2020 bis Februar 2021 wurden insgesamt acht digitale Mobilitätswerkstätten mit 37 Bürger:innen – von Schüler:innen bis Senior:innen – aus der Metropolregion Hamburg durchgeführt. Die letzten beiden Mobilitätswerkstätten wurden mit demografischen Gruppen durchgeführt, die bis dahin noch wenig betrachtet wurden: junge Frauen (18-30

Jahre alt) sowie sehbehinderte und blinde Menschen. Es entstanden sieben Mobility-Journeys, die die Grundlage für die Ableitung von Nutzeranforderungen bildeten. Nutzeranforderungen an Mobilitätsangebote, wie beispielsweise Mobility-as-a-Service-Konzepte und Demand-Responsive-Transport-Shuttles (DRT) wurden in Form von Steckbriefen erstellt.

Mobilitätswerkstätten mit Stakeholdern

Die zweite Werkstatt wurde mit 18 Stakeholdern aus Verwaltung, Industrie, Mobilitätsdienstleistungen und Interessenverbänden der kommunalen Mobilitätsentwicklung im Juli und August 2021 durchgeführt. Flankiert wurden sie von sieben Experteninterviews, die teils der Werkstatt-Vorbereitung und teils dem gezielten Nacherheben von Informationen dienten. Ziel war es, eine in der Praxis bewährte Dialogmethode, das sogenannte Harvard-Verhandlungskonzept (Fisher/Ury 2018), für Mobilitätsentwicklungsprozesse zu testen, wissenschaftlich zu evaluieren und mithilfe

dieser Methode von allen Stakeholdern akzeptierte Mobilitätslösungen für das Jahr 2030 zu entwickeln. Es zeichnete sich ab, dass unter anderem das Vertrauen in Verhandlungspartner:innen und der stetige Fokus auf Interessen statt Positionen zu erfolgreichen Mobilitätsverhandlungen beitragen können. Beim Strukturieren von Mobilitätsprozessen erwiesen sich klassische Projektmanagement-Denkweisen als hilfreich.

Online-Partizipation

Zwischen April und Oktober 2021 – in Zeiten der Pandemie-bedingten Kontaktbeschränkungen – ergänzte eine Online-Partizipation auf der Projektwebsite den Einsatz des ZuHörMobils. Dafür wurden vier Dialog-Bausteine virtuell erlebbar gemacht: Technologieassoziationen an-

gelehnt an ein Memory-Spiel, die Demokratiesäule, die Future Headlines sowie ein Ideenwettbewerb. Im zweiwöchigen Takt konnten Bürger:innen über neue Thesen abstimmen.



845

Abstimmungen



697

Mobilitätsassoziationen



58

Future Headlines



24

Ideen

Beispiel für eine Future Headline:

Geschafft! Hamburg ist autofrei – Konsumverzicht sei Dank. Was heute noch bestellt wird, kommt per Lastenrad ans Ziel.

Patrick – 2035



Weitere Details und Ergebnisse zur Umfrage finden Sie online.

ZuHörMobil

In der Zeit vom 11. bis 27. August 2021 war das ZuHörMobil in der Metropolregion Hamburg unterwegs, um mit Bürger:innen über ihre Wünsche und Bedenken in Bezug auf die Mobilität der Zukunft zu sprechen. Es wurden Standorte in Winsen, Trittau, Ahrensburg wie auch Altona, Bergedorf und Langenhorn angefahren.

Mikrokonzeptionelle Bausteine (Glücksrad, Memory, Demokratiesäule) wurden genutzt und bei einzelnen Teilprojekten direkt einbezogen, um im direkten Dialog die Wünsche, Bedarfe und Ängste an die Mobilität in Hamburg von den Bürger:innen einzuholen.



Abb. 38: ZuHörMobil in Aktion
(Quelle: DLR)



Abb. 39: Übersicht der diskutierten Mobilitätsthemen beim Bürger:innendialog vor Ort am ZuHörMobil (Quelle: DLR)

Ergebnisse

»Die Menschen wollen gehört werden, mitgestalten und wünschen sich noch mehr Informationen bezüglich neu eingeführter Technologien.«

Das Herbeiführen der Transformation der Mobilität hin zu einem nachhaltigeren System ist erfolgreich, wenn es ein bidirektionaler Prozess ist. Bürger:innen müssen den Prozess verstehen und die Möglichkeit haben, neue Formen der Mobilität mitzugestalten. Damit das gelingen kann, müssen Bürger:innen frühzeitig eingebunden werden, sodass sie sich mitgenommen fühlen, ihre Bedürfnisse, aber auch Bedenken äußern

können. Diese Anforderungen müssen in der Gestaltung innovativer Technologien berücksichtigt werden. Dafür braucht es einen Prozess, der die Verstetigung der Ergebnisse aus der Beteiligung sicherstellt und somit zielgerichtet an Industrie, Kommunalverwaltung und Politik kommuniziert wird. Die Einführung neuer Technologien muss durch verschiedene Maßnahmen begleitet werden. Ergebnisse zeigen, dass eine Kommunikationsstrategie durch weitere Maßnahmen, wie z. B. Erleben, komplementiert werden sollte, sodass die ersten Zugangshürden abgebaut werden.

Checkliste

- **Kontextspezifische Beteiligungsformate:** Die Einführung von neuen Technologien muss durch gezielte Beteiligungsformate begleitet werden. So reicht es beispielsweise nicht aus, über einen Service zu informieren. Es braucht Einführungsstrategien, die es ermöglichen, dass Bürger:innen die neuen Technologien erleben und erfahren können und so frühzeitig Zugangshemmnisse abgebaut werden.
- **Aufrufe für die Beteiligung von Bürger:innen:** Werbemaßnahmen über Fahrgastfernsehen, Twitter oder weitere Kanäle sind wichtig und wirken sich positiv auf die Teilnahme aus. Junge Menschen können eher über Kanäle wie Instagram oder TikTok erreicht werden. Das Rekrutieren von ausgewählten („besonderen“) Zielgruppen, wie zum Beispiel Senior:innen, braucht Zeit, vor allem, wenn die Dialogformate online stattfinden. Es bietet sich an, Vertrauen über Multiplikator:innen aufzubauen und über das sogenannte Schneeballprinzip Teilnehmer:innen zu gewinnen.
- **Ansprache:** Der Einstieg, um Wünsche und Bedarfe abzufragen, muss so offen wie möglich und so konkret wie nötig gestaltet sein. Die Themen dürfen

diesbezüglich nicht zu zielgruppenspezifisch sein, um auszuschließen, dass sich bestimmte Personengruppen sowohl in der Online-Partizipation als auch im analogen Dialog gar nicht erst angesprochen fühlen. Aufmerksamkeitserregende Dinge wie eine Demokratiesäule, Poster zur Erklärung und ein Glücksrad sind hilfreich.

— **Analoge versus digitale Beteiligung:** Digitale Dialogformate ermöglichen mehr Flexibilität in der Terminfindung wie auch beim Anbieten von Zusatzterminen. Zudem bietet digitale Beteiligung die Chance, dass Menschen an Terminen teilnehmen können, die sie nicht hätten wahrnehmen können, wenn sie dafür an einen physischen Ort hätten reisen müssen. Gleichzeitig werden durch die digitalen Formate andere Gruppen ausgeschlossen, da ihnen zum Beispiel die Kenntnisse über die Teilnahme über die verschiedenen Konferenztools fehlt und somit die Zugangshürden zu hoch liegen. Damit ein ganzheitliches Bild gezeichnet werden kann und die Ergebnisse übertragbar sein können auf die Gesellschaft, darf Beteiligung nicht auf ein

Medium beschränkt werden. Ziel muss es sein, Formate zu finden, die es allen ermöglichen, sich zu beteiligen und gleichzeitig Methoden zu entwickeln, die eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zulassen.

— **Zielgruppenspezifisches Informationsmaterial:**

Bei der Erstellung des Informationsmaterials für die Durchführung der Werkstätten muss sichergestellt werden, dass die Ansprache zielgruppenspezifisch ist (Informationsdichte und visuelle Aufbereitung). Wird etwa eine User Story verwendet, um neue Mobilitätslösungen vorzustellen, sollten sich die Teilnehmer:innen in dem oder der Protagonist:in wiedererkennen können. Konkrete Anleitungen müssen in Konzept und Sprache so gestaltet sein, dass sie von allen teilnehmenden Stakeholdergruppen (zum Beispiel Kommunalverwaltung, Wirtschaft, Wissenschaft und Interessenvertretung) verstanden werden. Ebenso muss die erwartete Granularität der Ergebnisse sehr deutlich gemacht werden (etwa durch Beispiele).

Projektpartner



Kontakt Dr. Mandy Dotzauer, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.: mandy.dotzauer@dlr.de



6

—

Simulation und Szenarien einer zukünftigen Mobilität



Würde der großflächige Einsatz der im Reallabor Hamburg entwickelten und erprobten digitalen Mobilitätsdienste den Verkehr in Hamburg verändern? Und wenn ja, wie? Die in der Simulation erarbeiteten Szenarien zeigen das Veränderungspotenzial.



Projektbeschreibung

Das Reallabor Hamburg zielte darauf ab, verschiedene ITS(Intelligent Transport System)-Technologien im realen Umfeld der Stadt Hamburg umzusetzen. Allerdings reichen die Ergebnisse und die direkte Wirkung der einzelnen Technologien auf den Verkehr in den Teilprojekten nicht aus, um verallgemeinerbare Aussagen über die verkehrlichen Auswirkungen treffen zu können.

Hier setzt das Teilprojekt „Simulation und Szenarien“ an; die Ergebnisse der verschiedenen umgesetzten Techno-

logien werden zusammengetragen und hochgerechnet. So lässt sich abschätzen, was sich erreichen lässt, würden die Technologien in der gesamten Stadt eingesetzt.

Das dazu verwendete Simulationsmodell ist eine agentenbasierte Simulation der gesamten Stadt, welche mit dem von der TU Berlin entwickelten Multi-Agent-Transport-Simulationstool MATSim erstellt wurde.



Abb. 40: Anzahl von Fahrzeugen pro Straßenabschnitt und Zeitintervall in einer MATSim Simulation von Hamburg (Quelle: DLR)

Am Beispiel des autonomen Shuttles (siehe Kapitel 2) lässt sich die Simulation gut verdeutlichen: Einige Wochen lang waren drei autonome Shuttles in Bergedorf als Zubringerdienst für die S-Bahn-Station Hamburg-Bergedorf unterwegs. In der Simulation wurde dieser autonome Shuttle-Service auf rund 300 bereits vorhandene und noch geplante hvv switch Punkte (siehe

Kapitel 1) erweitert. Angenommen wurde, dass die Shuttles praktisch ohne Einschränkungen verfügbar sind. Daraus lassen sich nicht nur verkehrliche, sondern auch entsprechende betriebswirtschaftliche Parameter ableiten. Mit deren Hilfe kann analysiert werden, was ein solcher Service kosten würde beziehungsweise welche Einnahmen er erzielen kann.

Die Simulation liefert ein detailliertes räumlich-zeitliches Abbild des Verkehrs im gesamten Großraum Hamburg. Die Bewegung jedes einzelnen Agenten und jeder einzelnen Agentin, die stellvertretend für die Hamburger Bevölkerung sind, werden darin sichtbar und zugänglich, und damit auch die meisten der Metriken, die zur Bewertung von Verkehrssystemen herangezogen werden. Das sind im Einzelnen:

- Verkehrseffizienz (messbar als Reisezeitverteilungen aller Verkehrsmodi)
- Verkehrssicherheit (mithilfe einer Methodik aus dem Bundesverkehrswegeplan, Unfallkosten)
- Schadstoffreduzierung und ökologische Nachhaltigkeit (durch den Verkehr erzeugte Emissionen von Kohlenstoffdioxid, Stickstoffoxiden, Feinstaub)
- Akzeptanz/Verhaltensänderung (der Modal Split)
- Betriebswirtschaftliche Daten für einen Betreiber (welches neue Verkehrsmittel fährt welche Strecke mit wie vielen Fahrgästen)
- Städtebauliche Effekte/Aufenthaltsqualität (mithilfe einer Methodik aus dem Bundesverkehrswegeplan)

Szenarien

Um die verkehrlichen Wirkungen zu beschreiben, sind die im Projekt umgesetzten Technologien, soweit sie

eine in der Simulation abbildbare Wirkung entfalten, in fünf Szenarien eingebettet:

Basis2019: Dieses Szenario repräsentiert den Stand vor der COVID-Pandemie

RealLab2030: mit allen relevanten Technologien des Reallabors, aber sonst Basis2019

RealLab2030plus: mit Hamburg Takt (das heißt für alle Bürger:innen ist ein öffentliches Mobilitätsangebot innerhalb von fünf Minuten zu erreichen), sonst RealLab2030

DRT2030: (setzt ebenfalls auf 2030plus auf), MIV bekommt Konkurrenz durch hamburgweite Shuttle-Services (Demand Responsive Transport DRT)

ProKlima2030: (setzt auf 2030plus auf), motorisierter Individualverkehr (MIV) wird unattraktiver (durch eine Umverteilung des Verkehrsraums), aktive Modi wie zu Fuß gehen attraktiver

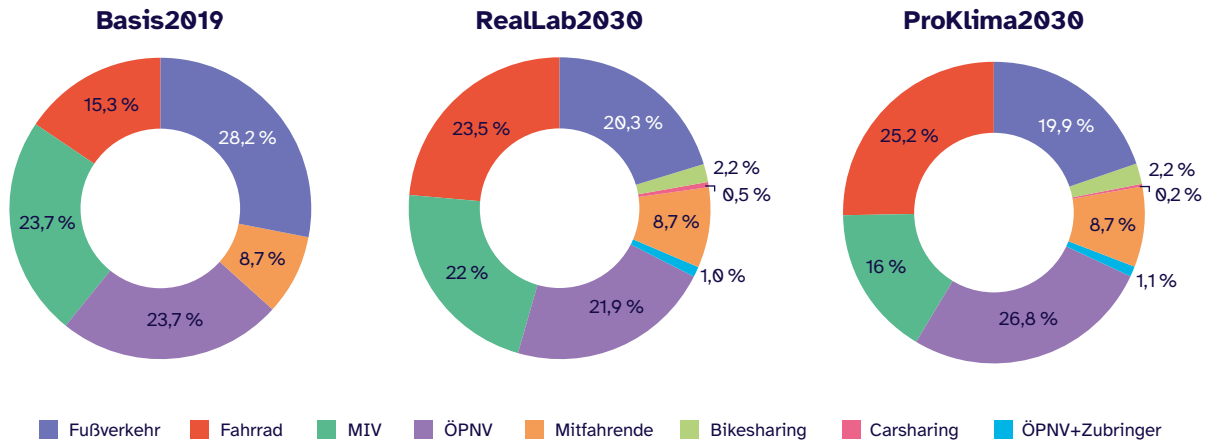
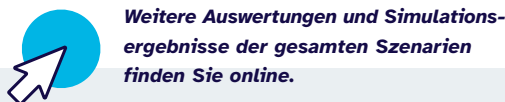


Abb. 41: Dashboard mit den Simulationsergebnissen der verschiedenen Szenarien (Quelle: DLR)



Ergebnisse

Die Simulationsergebnisse zeigen, dass durch ein Ausrollen der digitalen Mobilitätsdienste des RealLabs auf die gesamte Stadt eine leichte **Schwächung des mobilisierten Individualverkehrs** (minus zwei Prozentpunkte in der City) kombiniert mit einer **Stärkung des öffentlichen Verkehrs** und des **Radverkehrs** erzielt werden kann. Erst mit stärkeren Maßnahmen, wie einer Neuverteilung des urbanen Raums zuungunsten des MIV, lässt sich die Verteilung hin zu nachhaltigeren und

weniger umweltbelastenden Verkehrsmodi verändern. Im Szenario ProKlima2030 nimmt der MIV um acht Prozentpunkte ab, die Abb. 42 stellt die Simulationsergebnisse der fünf Szenarien nur für die beiden Modi Fahrrad und MIV in Hamburg dar.

Eine weitere Aufgabe des Teilprojekts war die Unterstützung und Ergänzung verschiedener Teilprojekte und ihrer im Betrieb gewonnenen Erkenntnisse durch Simulationen:

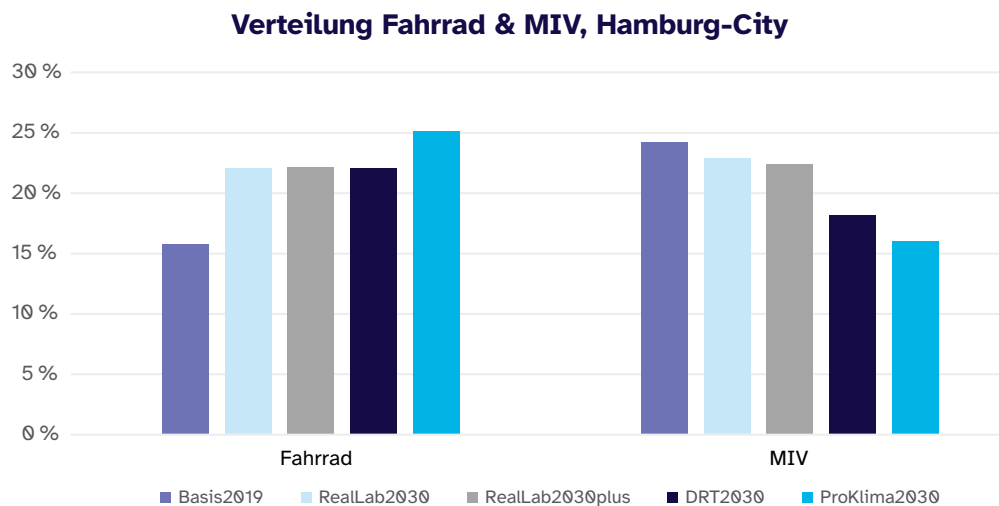


Abb. 42: Anteile des Rad- und des Autoverkehrs in den fünf simulierten Szenarien (Quelle: DLR)

Die **Kollisionswarn-App** (siehe Kapitel 4) konnte beispielsweise mithilfe der Simulation vor dem Einsatz im Testfeld geprüft und Fehler korrigiert werden. Zudem konnten Besucher:innen des ITS World Congress durch

den Fahrrad-Demonstrator die Funktionsweise der App selbst erproben. Die Testfahrten wurden anschließend für weitere Verbesserungen des Fahrradsimulators und der entwickelten Kollisionswarn-App verwendet.



Abb. 43: Fahrrad-Demonstrator beim ITS World Congress (Quelle: Hamburger Hochbahn)

Des Weiteren konnten die Mikrodepots (siehe Kapitel 3) und die On-Demand-Shuttle-Services (siehe Kapitel 2) durch Simulationen unterstützt und erweitert werden. Die Simulationen zeigen, dass die Mikrodepots bis zu

sieben Prozent CO₂ einsparen können, wenn eine ausreichende Anzahl solcher Depots in Hamburg zur Verfügung steht.

Projektpartner



LIFE IS FOR SHARING.



Kontakt Prof. Dr. Peter Wagner, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.: peter.wagner@dlr.de



Vom Reallabor in die Praxis

Das Reallabor Hamburg demonstriert, dass Digitalisierung die Grundlage beinahe jeder Veränderung im Verkehrssystem ist, die den Status Quo des Modal Splits im urbanen und ländlichen Raum hin zu einer nachhaltigeren und inklusiveren Mobilität herausfordert. Ob durch die Tiefenintegration verschiedener Mobilitätsdienstleistungen in einer Anwendung, die Schaffung kooperationsfördernder Datenräume oder die Incentivierung durch arbeitgebergeförderte Mobilitätsbudgets – die im **Kapitel 1 „Integriertes Mobilitätsangebot“** vorgestellten Ergebnisse und Demonstrationen zeigen, dass digitale Mobilitätsservices das Suchen, Auswählen und Bezahlen von umweltfreundlichen Verkehrsmitteln erleichtern und damit für viele Hamburger:innen eine echte Alternative zum eigenen Auto bieten.

Auch bedarfsorientierte Services als Ergänzung zum linien- und fahrplangebundenen öffentlichen Nahverkehr, wie die im **Kapitel 2 „On-Demand-Shuttles“** vorgestellten autonomen On-Demand-Shuttle-Verkehre in Hamburg-Bergedorf und On-Demand-Shuttles in den ländlichen Räumen von Kreis Stormarn, Landkreis Harburg, Stadt Ahrensburg und Lurup/Osdorf sind ohne Digitalisierung nicht denkbar. Die On-Demand-Verkehre wurden im Reallabor Hamburg erfolgreich umgesetzt und in den Untersuchungsräumen so hervorragend von den Nutzer:innen angenommen, dass ein Weiterbetrieb in den Gemeinden auch nach Auslaufen der Projektlaufzeit angestrebt ist. Die Simulationsergebnisse (vgl. **Kapitel 6 „Simulation und Szenarien einer zukünftigen Mobilität“**) demonstrieren außerdem einen messbaren Effekt auf den Modal-Split. Allerdings zeigte sich hier auch, dass eine erfolgreiche Veränderung von weiteren Faktoren abhängt: On-Demand-Shuttles sind derzeit noch teurer als normale Dienste des öffentlichen Nahverkehrs und benötigen parallel auch nicht-digitale Buchungsmöglichkeiten, um allen Bevölkerungsgruppen einen gleichberechtigten Zugang zu ihrem Service zu ermöglichen.

Die im **Kapitel 4 „Mikrodepot: Lastenrad statt Lieferwagen“** vorgestellten Ergebnisse des zehnmonatigen Betriebs der zwei deutschlandweit größten Mikrodepots belegen, dass Mikrodepots ein zukunftsfähiges Konzept für die Innenstadt-Logistik in Hamburg darstellen. Die gesammelten Erkenntnisse sollen Starthilfe

geben für eine Ausweitung des Mikrodepot-Konzeptes auf andere Städte und Gemeinden.

Eine Verbesserung der Sicherheit von besonders gefährdeten Verkehrsteilnehmenden mit Hilfe der im Reallabor Hamburg erprobten Kollisionswarn-App (vgl. **Kapitel 4 „Vernetzte Verkehrsteilnehmer:innen & intelligente Verkehrsinfrastruktur“**) ist ebenfalls eine durchgängig digitale Unternehmung und zeigte zudem in der begleitenden Simulation einen deutlichen Effekt zugunsten einer Verbesserung des Modal Splits. Auch die Digitalisierung von unbeschränkten Bahnübergängen wird in Zukunft helfen, den Unfallschwerpunkt „unbeschränkter Bahnübergang“ zu verringern und liefert nebenbei noch einen positiven Beitrag zur Verbesserung des Verkehrsflusses. Weitere Gewinne hinsichtlich einer Erhöhung der Verkehrssicherheit sind aber vor allem auch durch bauliche Veränderungen zu erzielen, wie beispielsweise ein Rückbau von Autofahrstraßen oder eine bauliche Trennung von Auto,- Rad- und Fußverkehr.

Das Reallabor Hamburg erprobte anschaulich verschiedene zentrale Bausteine für die Digitalisierung eines kommunalen bis regionalen Verkehrssystems. Die Übertragbarkeit und der Einsatz dieser digitalen Services muss für jede Region und Kommune gemessen an ihren verkehrlichen Besonderheiten und Bedarfen gezielt geplant, bewertet und umgesetzt werden. Eine Blaupause gibt es nicht, jedoch zeigen die Erkenntnisse des Reallabor Hamburg in ihrer Gesamtheit, dass Erfahrungsaustausch, das Teilen von Ideen und Konzepten und eine politisch koordinierte und geförderte Kooperation von Mobilitätsdienstleistern maßgeblich dafür sind, die kommunale Mobilitätswende weiter voranzutreiben.

Vor allem der im **Kapitel 5 „Kommunikation und Beteiligung“** vorgestellte Dialog zum Reallabor Hamburg – deutschlandweit im virtuellen Raum und vor Ort mit den Hamburger:innen – macht Mut und zeigt, dass sich in den Köpfen der Menschen das Leitbild der autogerechten Stadt und dem eigenen Auto auf dem Land auflöst und durch die Vision verkehrsarmer und emissionsfreier Städte und einer Mobilität auf dem Land ersetzt wird, die auch ohne eigenem Auto zu jederzeit gewährleistet ist.

Das Reallabor Hamburg auf dem ITS Kongress 2021 in Hamburg

Der ITS World Congress 2021 in Hamburg war das Leitevent für intelligente Mobilität – die perfekte Plattform also um die bisherigen Ergebnisse des ReallabHHs einem internationalen und breiten Publikum zu präsentieren und mithilfe von Demonstratoren und einer Simulation Ausblicke auf künftige Entwicklungen zu geben.





Glossar & Abkürzungsverzeichnis

App	Abkürzung von engl. Application. Damit ist eine Anwendungssoftware gemeint, also ein ausführbares Programm.
API	Abkürzung von engl. Application Programming Interface. Damit ist ein Satz von Befehlen, Funktionen, Protokollen und Objekten gemeint, die Programmierer:innen verwenden können, um eine Software zu erstellen oder mit einem externen System zu interagieren.
Backend	Als Backend wird der Teil eines IT-Systems bezeichnet, der sich mit der Datenverarbeitung im Hintergrund beschäftigt.
CAM	Abkürzung von engl. Cooperative Awareness Message. Damit sind Informationen, die im Straßenverkehr zwischen Fahrzeugen und Infrastrukturkomponenten ausgetauscht werden, gemeint. Die Kommunikation erfolgt entweder über das WLAN-basierte DSRC-System oder über die Mobilfunktechnik Cellular V2X (C-V2X).
DENM	Abkürzung von engl. Decentralized Environmental Notification Message. Dies ist eine Benachrichtigung, welche Verkehrsteilnehmer:innen rechtzeitig und präzise vor einem wahrscheinlichen Unfallszenario bewahrt.
End-to-End	Ein End-to-End-Prozess ist ein Prozess, der aus sämtlichen zeitlich-logisch aufeinander folgenden Teilprozessen besteht, die zur Erfüllung eines konkreten Kundenbedürfnisses notwendig sind.
ETSI-ITS	Abkürzung von engl. European Telecommunications Standard Institute für Intelligent Transport Systems.
FZV	Abkürzung für Fahrzeug-Zulassungsverordnung.
GLOSA	Abkürzung von engl. Green Light Optimal Speed Advisory. Ziel von GLOSA ist es, die Grünphasen von Lichtsignalanlagen (LSA) vorherzusagen und diese Informationen für ein effizientes und komfortables Vorankommen im Verkehr und als Information für die Verkehrsteilnehmenden zu nutzen.
GNNS	Abkürzung von engl. Global Navigation Satellite Systems. Ein globales Navigationssatellitensystem (dt.) ist ein System zur Positionsbestimmung und Navigation durch den Empfang der Signale von Navigationssatelliten.
Harvard-Verhandlungskonzept	Beim Harvard-Konzept handelt es sich um eine Methode für sachbezogenes Verhandeln. Das Prinzip besteht darin, Streitfragen nach Bedeutung und Sachgehalt zu entscheiden, anstatt zu feilschen. Ziel dieser Verhandlungsmethode ist eine beidseitig einvernehmliche, konstruktive Einigung und somit eine Win-Win-Situation.
I2N	Abkürzung von engl. Infrastructure to Network. I2N bezeichnet Geräte, wie sie etwa bei RSO und OBU genutzt werden. Diese übermitteln Daten aus der gegebenen Infrastruktur (Ampeln, Kreuzungen, Straßen etc.) an ein Netzwerk, welches die Daten wiederum für Dienste/Programme zur Verfügung stellt und so die Datengrundlage für ein vernetztes Verkehrssystem gewährleistet.
IDS	Abkürzung von engl. International Data Spaces. > Mehr Informationen
Intermodal	Intermodaler Verkehr oder intermodales Reisen bezeichnet im Personenverkehr die Nutzung unterschiedlicher Verkehrsmittel im Verlauf eines Weges.
ITS	Abkürzung von engl. Intelligent Transport System.
KEP-Dienstleister:innen	Abkürzung für Kurier-Express-Paket-Dienstleister:innen.
LaaS	Abkürzung von engl. Location as a Service. LaaS ist ein Programm zur hochgenauen digitalen Lokalisierung einzelner Verkehrsteilnehmer:innen.
LDM	Abkürzung von engl. Local Dynamic Map. Eine Local Dynamic Map ermöglicht es, dass weitere Mobile-Cloud-Dienste, wie zum Beispiel die Vorhersage von Grünphasen von Lichtsignalanlagen (engl. Green Light Optimal Speed Advisory (GLOSA; s. o.) direkt mit LaaS (s. o.) verbunden werden.

Letzte Meile	Die letzte Meile (engl. last mile) ist das letzte Wegstück beim Transport der Ware/Sendung zur Haustüre des Kunden/der Kundin. Sie erzeugt den größten Anteil an den Kosten einer Paketzustellung.
LTE	Abkürzung von engl. Long Term Evolution.
MAP	Topology Information of the intersection (ISO TS 19091 / SAE J2735) ist ein spezielles Nachrichtenformat zur Übermittlung von Informationen. Siehe auch „SPaT“.
MiD	Mobilität in Deutschland: Bundesweite Befragung von Haushalten zu ihrem alltäglichen Verkehrsverhalten im Auftrag des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV).
Mobile Edge Cloud	<u>Multi Access Edge Computing (MEC)</u> , früher auch als Mobile Edge Computing bezeichnet, ist eine Computing-Architektur, die Services und Ressourcen direkt am Rand eines Netzwerks bereitstellt. Sie ermöglicht hohe Bandbreiten sowie minimale Latenzzeiten und gestattet die Realisierung von Echtzeitanwendungen wie beispielsweise das autonome Fahren.
Mobilitätsdienstleister	Unternehmen oder Organisation, die Dienstleistungen im Bereich der Personenbeförderung anbietet.
Mobilitätsplattform	Eine App, die alle oder möglichst viele verfügbare Mobilitäts-Services aus einer Hand zur Verfügung stellt, etwa in einer App, und damit Mobilität vereinfacht.
Modal Shift	Engl. für Verkehrsverlagerung. Verkehrsverlagerung ist ein Instrument der Verkehrsplanung. Im Sinne einer an Nachhaltigkeit ausgerichteten Verkehrsplanung und -politik zählt sie neben der Verkehrsvermeidung und der umweltverträglichen Abwicklung des bestehenden Mobilitätsbedarfs zu den Grundansätzen der Verkehrswissenschaft.
Multimodal	Multimodaler Verkehr oder multimodales Reisen bezeichnet im Personenverkehr die Nutzung unterschiedlicher Verkehrsmittel für unterschiedliche Wege.
OBU	Abkürzung von engl. On-Board-Unit. On-Board bezeichnet elektronische Fahrzeugeinrichtungen, die meistens computerbasiert sind und wichtige interne Steuerfunktionen haben.
On-Demand-Verkehr	Verkehr auf Abruf, also ein bedarfsgesteuerter Verkehr.
Proof of Concept	Proof of Concept (PoC) ist ein Meilenstein, an dem die prinzipielle Durchführbarkeit eines Vorhabens belegt ist. In der Regel ist mit dem <u>Proof of Concept</u> meist die Entwicklung eines Prototyps verbunden, der die benötigte Kernfunktionalität aufweist.
Remote-Control-Arbeitsplatz	Hiermit ist ein nicht an einen speziellen Ort gebundener Arbeitsplatz gemeint, von dem aus eine Maschine oder ein Fahrzeug aus der Ferne mithilfe von Funk- oder elektronischen Signalen gesteuert werden kann.
RSU	Abkürzung von engl. Road-Side-Unit. Eine RSU kommuniziert sowohl mit der Verkehrsleitstelle als auch mit den Fahrzeugen. Fahrzeuge melden über ihre Vehicle2X-On-Board-Units ihre aktuelle Position, Geschwindigkeit und Fahrtrichtung. Die RSU erfasst diese Informationen.
SPaT	Abkürzung von engl. Signal Phase and Time. SPaT ist ein Signal aus der Verkehrstechnik. SPaT-Nachrichten werden in der Kommunikation zwischen Verkehrsteilnehmer:innen eingesetzt und als Echtzeitinformation von Verkehrssteuerungsanlagen, beispielsweise einer Verkehrsampel, genutzt. Die SPaT-Nachrichten tragen so zur Verbesserung des Verkehrsflusses bei.
SUMO	„Simulation of Urban MOBility“ (SUMO) ist ein open source, hochgradig portables, mikroskopisches und kontinuierliches Verkehrssimulationspaket, das für große Netze konzipiert wurde. Es ermöglicht intermodale Simulationen einschließlich Fußgänger:innen und verfügt über eine große Anzahl von Werkzeugen für die Erstellung von Szenarien. Es wurde hauptsächlich von Mitarbeiter:innen des Instituts für Verkehrssysteme des <u>Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt</u> entwickelt.
VRU	Abkürzung von engl. Vulnerable Road User. Damit sind Verkehrsteilnehmende wie Fußgänger:innen oder Radfahrer:innen gemeint, die im Straßenverkehr ein besonderes Risiko tragen, verletzt oder getötet zu werden, da sie nicht von einer „schützenden Hülle“ wie beispielsweise einer Fahrerkabine umgeben sind.

Impressum

Herausgeber

Reallabor Hamburg (RealLabHH)
April 2021

Redaktion

ifok GmbH

Mitglieder des Redaktionsteams

Lena Agnesmeyer, *Hamburger Hochbahn AG*
 Laura Bieker, *Deutsche Bahn AG*
 Finn Blunck, *Stadt Ahrensburg*
 Peter Christ, *Deutsche Telekom AG*
 Linda Döler-Brede, *Hamburger Hochbahn AG*
 Mandy Dotzauer, *Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrttechnik (DLR) e.V.*
 Johannes Eckert, *Hamburger Hochbahn AG*
 Monika Gabler, *Süderelbe AG*
 Miriam Grünhäuser, *Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrttechnik (DLR) e.V.*
 David Hoffmann, *Hamburger Hochbahn AG*
 Andree Hohm, *Continental AG*
 Katharina Karnahl, *Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrttechnik (DLR) e.V.*
 Aldis Kundrats, *Deutsche Bahn AG*
 Chris Schlüter-Langdon, *Deutsche Telekom AG*
 Tina-Marie Lesch, *Hamburger Hochbahn AG*
 Carolin Müller, *ifok GmbH*
 Christopher Pinke, *Continental AG*
 Sangeetha Shankar, *Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrttechnik (DLR) e.V.*
 Michelle Steinmetz, *Deutsche Telekom AG*
 Franca Trippler, *EasyMile SAS*
 Karen von der Linde, *Hamburger Hochbahn AG*
 Peter Wagner, *Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrttechnik (DLR) e.V.*

Satz, Gestaltung und Lektorat

ifok GmbH

Das Reallabor Hamburg Digitale Mobilität wurde gefördert durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (oder: Bundesministerium für Digitales und Verkehr) und geht auf eine Initiative der Nationalen Plattform Zukunft der Mobilität (NPM) zurück.

Das Labor der:



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



April 2022

reallab-hamburg.de