

Fahrplanoptimierung FPOplus

20. April 2026

- **Berichtserstellung:** Prof. Dr. Jörg Müller-Lietzkow, V. Prof. Dr. Ayse Glass
 - **Inhalte:** HCU, TUHH, UzL, RPTU, Breuer
 - **Vorhabenbezeichnung:** Projekt Fahrplanoptimierung „plus“ (Akronym: FPOplus)
 - **Programm:** InnoNT (BMDV)
 - **Projekträger:** TÜV Rheinland (InnoNT generell) und VDI/VDE (FPOplus spezifisch)
 - **Laufzeit des Vorhabens:** 01.05.2023-30.04.2026
-

FPOplus in a Nutshell

Seit der Einführung des 9-Euro-Tickets fehlen der Bahn wichtige Informationen über das Fahrverhalten der Fahrgäste, da durch die Flatrate keine präzisen Daten mehr aus Ticketverkäufen und Fahrplananfragen verfügbar sind. Diese Lücke besteht auch beim Nachfolgemodell, dem 49-Euro-Ticket, weiter. Das Projekt FPOplus (Fahrplanoptimierung Plus) setzt hier an und nutzt innovative Technologien wie 5G, OpenRAN, KI und digitale Zwillinge, um das Flow-Management – also die Steuerung von Personenströmen – zu verbessern.

Ziel war es, mithilfe eines Experimentalsystems in der Gleishalle Oberhafen ein praxisnahes Testfeld in Form eines hybriden Digitalen Zwillings (Hamburg Living Lab) zu schaffen. Dabei wurde die reale Infrastruktur der Gleishalle mit digitalen Modellen und Simulationen eng verzahnt, sodass physische und virtuelle Datenräume miteinander interagieren konnten. Zu diesem Zweck wurden neue Technologien wie Sensoren, Kameras ohne Personenerkennung und ein 5G-Campusnetz eingesetzt, um anonymisierte Bewegungsdaten zu erfassen. Diese Daten wurden mithilfe künstlicher Intelligenz analysiert und mit externen Faktoren wie Wetter oder Veranstaltungen kombiniert. Auf dieser Grundlage konnten intelligente Prognosemodelle entwickelt werden, die eine vorausschauende Steuerung von Fahrgastströmen und eine bessere Auslastung von Nah- und Regionalzügen ermöglichen.

Ein ergänzendes Indoor-Navigationssystem wurde ebenfalls umgesetzt und hat dazu beigetragen, Gedränge zu reduzieren sowie die Orientierung der Reisenden am Bahnhof zu verbessern – insbesondere für Menschen mit eingeschränkter Mobilität. Die Ergebnisse zeigen, dass das Testfeld als Vorbild für den Einsatz an weiteren Bahnhöfen dienen kann und sowohl Betreibern als auch Fahrgästen durch eine bessere Planung und höheren Komfort zugutekommt.

Welche Ziele wurden verfolgt?

Die zentralen Ziele des Projekts bestanden darin, die durch das 9-Euro- und 49-Euro-Ticket entstandenen Informationslücken im Fahrgastverhalten durch alternative datenbasierte Ansätze zu kompensieren und darauf aufbauend ein datengetriebenes Flow-Management zu entwickeln. Ein wesentlicher Bestandteil war dabei der Aufbau eines praxisnahen Testfelds in Form eines Hybrid Digital Twin Living Labs, in dem reale und virtuelle Umgebungen systematisch miteinander verknüpft werden. Methodisch wurde hierzu eine integrierte Kombination aus Künstlicher Intelligenz, 5G- bzw. OpenRAN-Infrastruktur, moderner Sensorik sowie digitalen Zwillingen eingesetzt. Ziel dieser technologischen Verzahnung war es, sowohl die Kapazitätsplanung im öffentlichen Verkehr zu verbessern als auch die gezielte Lenkung von Fahrgastströmen zu ermöglichen und zugleich das Nutzererlebnis im Bahnhof nachhaltig zu optimieren.

Welche Lösungsansätze für welche Problemstellungen sollten am Ende stehen?

Das Projekt adressierte mehrere zentrale Problemstellungen mit spezifischen Lösungsansätzen. Der Wegfall klassischer Ticketdaten wurde durch den Einsatz von Sensorik und anonymisierter Datenerhebung im Raum kompensiert. Zur Verbesserung der Prognosefähigkeit wurden KI-basierte Modelle entwickelt, die zusätzlich externe Faktoren wie Wetter oder Veranstaltungen einbeziehen. Die Herausforderung ungleich verteilter Personenströme wurde durch den Aufbau eines Hybrid Digital Twins adressiert, der reale Daten mit simulationsbasierten Szenarien verknüpft und so eine vorausschauende Steuerung ermöglicht. Ergänzend wurde ein Indoor-Navigationssystem implementiert, das zur besseren Orientierung beiträgt und gleichzeitig zur Entzerrung von Verkehrsströmen dient.

Was ist ggf. das Neue / Besondere an diesem Forschungsprojekt?

Die Besonderheit des Projekts liegt insbesondere in der konsequenten Integration verschiedener technologischer und methodischer Ansätze in einem realitätsnahen Anwendungskontext. Hervorzuheben ist der Aufbau eines Hybrid Digital Twin Living Labs, in dem physische und digitale Systeme eng miteinander gekoppelt sind und sich gegenseitig validieren. In diesem Zusammenhang wurde insbesondere die Positionsgenauigkeit des 5G-Campusnetzes im Zusammenspiel mit weiteren Sensorsystemen innerhalb des digitalen Zwillings getestet und bewertet, wodurch eine robuste und vergleichende Einordnung der Lokalisierungsqualität ermöglicht wurde. Darüber hinaus zeichnet sich das Projekt durch den Ersatz klassischer ticketbasierter Daten durch raumbezogene Sensordaten sowie durch die datenschutzkonforme Gestaltung der Datenerhebung aus. Die Kombination aus Echtzeitdaten, KI-gestützter Analyse und simulationsbasierten Modellen stellt insgesamt einen innovativen und ganzheitlichen Ansatz dar.

Sind Maßnahmen für den Transfer in die Praxis geplant?

Maßnahmen zum Transfer der Projektergebnisse in die Praxis sind im Bericht vor allem implizit angelegt. Das entwickelte Testfeld wird als Blaupause für den Einsatz an weiteren Bahnhöfen beschrieben, und die Übertragbarkeit der entwickelten Technologien auf andere Infrastrukturen wird hervorgehoben. Konkrete Strategien zur Skalierung oder zum Rollout werden jedoch nicht detailliert ausgeführt. Dennoch lässt die praxisnahe Ausgestaltung des Living Labs darauf schließen, dass eine Anwendung im realen Betrieb grundsätzlich vorgesehen ist.

Wie ist die genaue Laufzeit des Projektes?

Die Laufzeit des Projekts erstreckte sich vom 01. Mai 2023 bis zum 30. April 2026 und umfasste damit einen Zeitraum von drei Jahren. Ursprünglich war jedoch eine kürzere Projektlaufzeit

vorgesehen, sodass im Verlauf sowohl konzeptionelle als auch technische und experimentelle Arbeiten unter angepassten zeitlichen Rahmenbedingungen durchgeführt wurden.

Welche wichtigen Meilensteine gab es in der Projektlaufzeit?

Wichtige Meilensteine lassen sich aus dem Projektverlauf ableiten, auch wenn sie nicht explizit benannt sind. Dazu zählen die Konzeption und Systemarchitektur, der Aufbau der Gleishalle als Hybrid Digital Twin Living Lab, die Installation der Sensorik und 5G-Infrastruktur sowie die Entwicklung der Datenintegrationsplattform und der KI-Modelle. Weitere zentrale Schritte waren die Implementierung des digitalen Zwillings, die Entwicklung des Indoor-Navigationssystems sowie die Durchführung von Tests und Validierungen. Zudem wurden im Projektverlauf Anpassungen vorgenommen, um auf technische und organisatorische Herausforderungen zu reagieren.

Welche weiteren Informationen sollten ergänzend aufgenommen werden?

Für eine vollständigere Darstellung des Projekts wäre es sinnvoll, zusätzliche Informationen aufzunehmen. Dazu gehören insbesondere quantitative Ergebnisse zur Leistungsfähigkeit der entwickelten Modelle, etwa hinsichtlich Prognosegenauigkeit oder Effizienzsteigerungen, sowie ein Vergleich mit bestehenden Ansätzen. Darüber hinaus könnte der methodische Mehrwert des Hybrid Digital Twin detaillierter erläutert werden. Ergänzend wären wirtschaftliche Bewertungen, Aspekte der Skalierbarkeit, eine genauere Betrachtung von Datenschutz und Nutzerakzeptanz sowie eine klar formulierte Transferstrategie hilfreich, um den Übergang in den Regelbetrieb nachvollziehbar darzustellen.