

# Digitaler Zwilling des Bahnbetriebs

## Simulation von Stör- und Notfallsituationen im Kontext des vollautomatisierten Fahrens

Beim vollautomatisierten Fahren in offenen Netzen müssen Züge selbständig ihr Umfeld erkennen und auf Störfälle reagieren können. Neben hochleistungsfähiger Sensorik am Zug spielt dabei der Einsatz von KI eine zentrale Rolle. Die Herausforderung ist, eine solche KI zielgerichtet zu trainieren, obwohl für Störfälle i. d. R. keine Realdaten vorliegen. Die Digitale Schiene Deutschland (DSD) entwickelte dafür einen digitalen Zwilling des Bahnbetriebs, um kritische Szenarien sicher in virtuellen Umgebungen zu simulieren.



### 1. Einleitung

Das automatisierte Fahren von Zügen ist eine Schlüsseltechnologie, um den Herausforderungen des demografischen Wandels zu begegnen und gleichzeitig Effizienz und Betriebsstabilität im Bahnbetrieb zu steigern.

Ein essenzieller Baustein hierbei ist der sogenannte digitale Zwilling des Schienennetzes, der von der DSD in Kooperation mit Partnern wie NVIDIA entwickelt wurde. Damit wird es möglich, verschiedenste Betriebszenarien in einer virtuellen Umgebung zu simulieren, um auf diese Weise die Künstliche Intelligenz (KI) gezielt zu trainieren – unabhängig von der Verfügbarkeit realer Strecken und Fahrzeuge. Dieses KI-Training ist notwendig, da die Bandbreite potenzieller Situationen im Bahnbetrieb so umfangreich ist, dass sie allein durch reale Daten nicht vollständig abgedeckt werden kann. Durch einen digitalen Zwilling können umfassende Datenmengen generiert werden, die für das Trainieren und Testen maschineller Lernverfahren benötigt werden.

Ein vollautomatisierter Zugbetrieb im Grade of Automation 4 (GoA4) – also dem fahrerlosen Betrieb – setzt umfassende Wahrnehmungs-, Entscheidungs- und Handlungssysteme voraus. An der Zugfront müssen installierte Sensoren wie Stereo- und Infrarotkameras, Lidare oder Radare in Verbindung mit KI zuverlässig das Gleisumfeld sowie etwaige Hindernisse erkennen

und interpretieren können. Auf Basis dieser Sensorik sollen intelligente Softwarelösungen komplexe Aufgaben übernehmen, wie die Streckenbeobachtung oder das Treffen von Entscheidungen in unvorhergesehenen Situationen, z. B. bei der Einleitung einer Notbremsung.

Voraussetzung für das vollautomatisierte, fahrerlose Fahren (ATO GoA4) sind im Wesentlichen drei Schritte: die Umfeldwahrnehmung („Sense“), die Bewertung von Situationen („Think“) und die Durchführung ggf. notwendiger Gegenmaßnahmen zur Not- und Störfallprävention



**Dr. Sebastian Skibinski**

Leiter Not- und Störfallmanagement Automatisiertes Fahren  
Digitale Schiene Deutschland,  
DB InfraGO AG  
sebastian.skibinski@  
deutschebahn.com



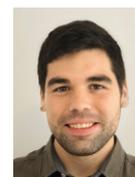
**Karl Michael Hahn**

Systemarchitekt  
Simulation Not- und Störfallmanagement Automatisiertes Fahren  
Digitale Schiene Deutschland,  
DB InfraGO AG  
karl-michael.hahn@  
deutschebahn.com



**Dr. Simone Schuchmann**

Simulations- und Testingenieur  
Not- und Störfallmanagement  
Automatisiertes Fahren  
Digitale Schiene Deutschland,  
DB InfraGO AG  
simone.schuchmann@  
deutschebahn.com



**José Mínguez Garrigues**

Product Owner Simulation  
Not- und Störfallmanagement  
Automatisiertes Fahren  
Digitale Schiene Deutschland,  
DB Systel GmbH  
jose.minguez-garrigues@  
deutschebahn.com



**Gregor Siebert**

Simulations- und Testingenieur  
Not- und Störfallmanagement  
Automatisiertes Fahren  
Digitale Schiene Deutschland,  
DB InfraGO AG  
gregor.siebert@  
deutschebahn.com



**Julian Castillo**

Simulationsingenieur Not- und  
Störfallmanagement Automati-  
siertes Fahren  
Digitale Schiene Deutschland,  
DB Systel GmbH  
julian.castillo@  
deutschebahn.com



1: Beispiele für nichtreguläre Situationen. Links: Überschwemmung. Rechts: Baum im/am Gleis

Quelle: Digitale Schiene Deutschland, DB InfraGO

(„Act“), wie z.B. die Einleitung einer akustischen Warnung oder die Durchführung einer Notbremsung.

In diesem Beitrag werden die Voraussetzungen, Herausforderungen und Potenziale der Entwicklung automatisierter Fahrfunktionen im Bahnsystem beschrieben – sowie der von der DSD entwickelte Digitale Zwilling vorgestellt.

**2. Digitaler Zwilling: Automatisierte Fahrfunktionen simulationsbasiert entwickeln**

Das deutsche Bahnsystem ist ein offenes System ohne flächendeckende Abgrenzung der Gleisbereiche oder Zugangsbeschränkungen an Bahnsteigen. Diese Offenheit führt zu einer großen Vielfalt unvorhersehbarer Situationen im Bahnbetrieb. Im Vergleich zu geschlossenen Metrosystemen mit physischen Barrieren stellt die Vollautomatisierung daher eine deutlich größere technische Herausforderung dar.

**2.1. Not- und Störfallsituationen im Bahnsystem**

Reguläre Situationen im Bahnbetrieb verlaufen nach Plan: Züge werden vorbereitet, fahren ein, verlassen Bahnhöfe und absolvieren ihre Strecken reibungslos – abgesichert durch Signaltechnik sowie Verkehrsregeln. In einem offenen Bahnsystem können jedoch nie alle Störungen ausgeschlossen werden – etwa durch Personen, die den Sicherheitsbereich betreten, sei es absichtlich oder unbeabsichtigt. Auch Tiere oder Gegenstände auf den Gleisen stellen potenzielle Risiken dar (siehe Abbildung 1). Vollautomatisierte Züge müssen daher lernen, solche Situationen zu bewältigen, ohne sie real erleben zu müssen. Der digitale Zwilling ermöglicht dies durch eine simulationsbasierte Umgebung, in der automatisierte Reaktionen sicher getestet und entwickelt werden.

**2.2. Mit Simulation und digitalem Zwilling zum Ziel**

Die Entwicklung und Zulassung automatisierter Fahrsysteme stoßen bei herkömmlichen Testmethoden an ihre Grenzen. Angesichts der Vielzahl möglicher Ereignisse und Risiken realer Tests – gerade im Bahnverkehr in Verbindung von großen Massen und dynamischen Bewegungen – sind simulationsbasierte Ansätze unerlässlich. Im Automobilbereich sind Simulationen längst etabliert, mit bis zu 70% der erforderlichen Tests in virtuellen Umgebungen [1] [6] [7]. Diese Ansätze erlauben es, das Systemverhalten sicher und umfassend unter kritischen Bedingungen zu analysieren, insbesondere im Hinblick auf den Raum der möglichen Szenarien. Im Eisenbahnbereich gelten Sicherheitsrisiken wie das Eindringen von Personen, Tieren oder Objekten aufgrund langer Bremswege und hoher Fahrzeugmassen als besonders kritisch. Simulationen schaffen hier die Möglichkeit, solche Situationen realistisch nachzubilden und gezielte Reaktionsstrategien für automatisierte Züge zu entwickeln – in einer sicheren und kontrollierten Umgebung.

**Reduzierung von Entwicklungskosten**

Das Nachstellen kritischer Situationen ist selbst auf Testgeländen aus Sicherheits-

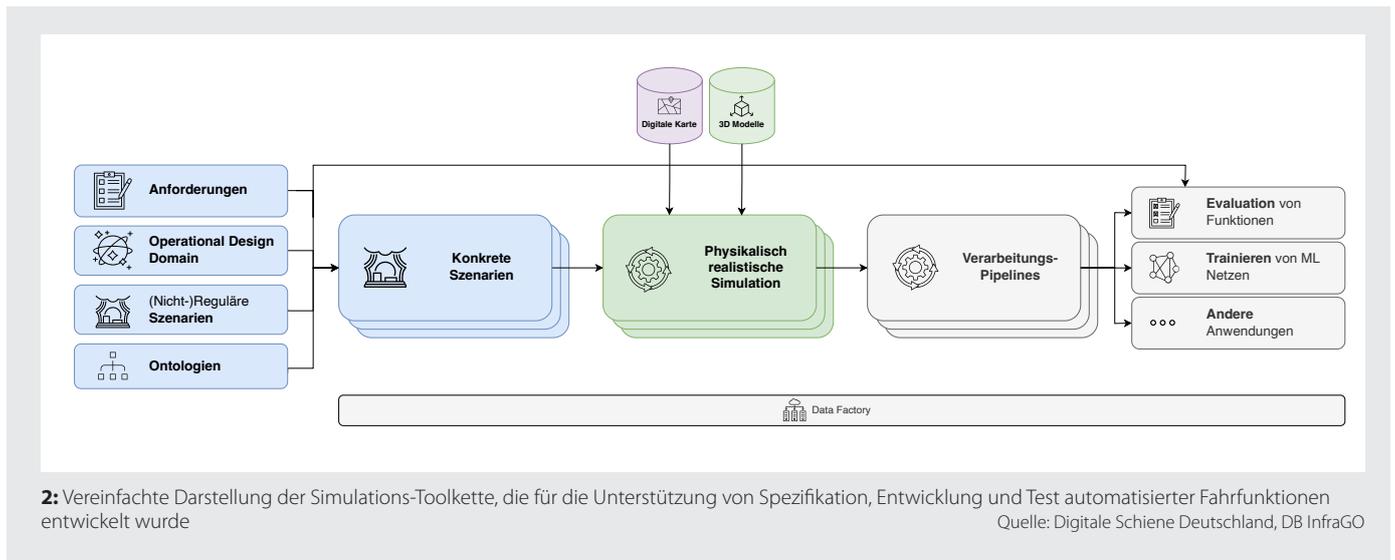
gründen stark eingeschränkt. Simulationen bieten hier klare Vorteile: Sie können frühzeitig in den Projekt- und Entwicklungsphasen eingesetzt werden, sind unabhängig von Witterung und Infrastruktur und ermöglichen wirtschaftliche Tests. Als Grundlage für Spezifikation, Entwicklung und Validierung automatisierter Fahrfunktionen helfen Simulationen, Fehler frühzeitig zu identifizieren und zu beheben, bevor die Systeme in den realen Betrieb übergehen. Dies verbessert nicht nur die Qualität und Sicherheit, sondern trägt auch wesentlich zur Effizienz und Wirtschaftlichkeit der Entwicklung bei.

**Zu wenig reale Daten**

Die Bahn zählt zu den sichersten Verkehrsmitteln, weshalb sicherheitskritische Vorfälle in der Praxis äußerst selten sind. Diese geringe Auftretenswahrscheinlichkeit ist jedoch eine Herausforderung bei der Entwicklung automatisierter Fahrsysteme, da es hierdurch an ausreichend Realdaten zu Not- und Störfällen fehlt. Simulationen bieten hier eine Lösung, indem sie es ermöglichen, automatisierte Systeme in virtuellen Umgebungen risikofrei zu testen. In diesen Simulationen wird das reale Sensor-Setup für die Umfeldwahrnehmung exakt repliziert. Mithilfe der Simulation können große Szenarienmengen gezielt analysiert und relevante Situationen identifiziert werden. Zudem stehen im Rahmen der Simulation neben den virtuellen Sensordaten stets die sogenannte „Ground-Truth-Information“, also eine objektive und präzise Referenz für die jeweilige Situation, wie zum Beispiel die genaue Position des Zuges und der Hindernisse, zur Verfügung. Diese Informationen sind essenziell, um das System gezielt zu testen und seine Reaktionen auf kritische Ereignisse zu evaluieren.

Ein weiterer Vorteil der Simulation ist die Reproduzierbarkeit: Szenarien und Da-

Durch einen digitalen Zwilling können umfassende Datenmengen generiert werden, die für das Trainieren und Testen maschineller Lernverfahren benötigt werden.



ten lassen sich beliebig oft exakt nachsimulieren und analysieren, was insbesondere für technische Architekturentscheidungen und Zertifizierungen entscheidend ist. Dennoch bleiben am Ende reale Daten unverzichtbar – insbesondere zur Validierung der Simulation. Dafür werden spezifische Testszenarien definiert und Testumgebungen so gestaltet, dass sie ausreichend Informationen für die Validierung liefern, gleichzeitig aber Gefahren und Kosten minimiert werden.

### 3. Eigenschaften und Aufgaben des digitalen Zwilling

Der digitale Zwilling überträgt nichtreguläre Situationen in eine virtuelle Umgebung, in der dynamische Modelle des Zuges, seine Sensoren sowie Automatisierungs- und Regelalgorithmen simuliert werden. Die Entwicklung solcher Systeme ist komplex, da physikalische Prozesse und infrastrukturelle Elemente mit hoher Präzision realitätsgetreu abgebildet werden müssen. Dies erfordert sektorübergreifende Expertise, weshalb die Digitale Schiene Deutschland (DSD) diese Aufgabe federführend koordiniert hat und mit Abschluss des Projektes Automated Train [8] [9] die Bestellfähigkeit solcher Systeme anstrebt.

Im Zentrum der GoA4-Automatisierung steht die Fähigkeit des Zuges, sein Umfeld zu erfassen und zu interpretieren. Nur so kann er optimal auf kritische Situationen reagieren – basierend auf dem Sense-Think-Act-Paradigma der Robotik. Zu den möglichen Maßnahmen zählen das Einleiten einer Bremsung, das Aussenden von

Warnsignalen oder das Absenken des Pantografen.

#### Umfeldwahrnehmung mit Sensoren

Die Grundlage des automatisierten Fahrens liegt in der präzisen Erfassung und Interpretation des Umfelds. Hierfür werden Lokalisierungsmethoden und verschiedene Sensortechnologien wie hochauflösende Kameras, Lidar-, Radar-, Infrarot- und Ultraschallsensoren genutzt. Eine zentrale Herausforderung besteht darin, die enorme Menge an Rohdaten kontextbezogen zu interpretieren, um zuverlässige Entscheidungen zu ermöglichen.

Simulationen spielen hierbei eine Schlüsselrolle: Sie erlauben die realistische Interaktion hochpräziser Sensormodelle mit ihrer simulierten Umgebung. Die hierdurch gewonnenen Daten dienen der Entwicklung der Umfeldwahrnehmung – sowohl auf Basis klassischer Algorithmen als auch maschineller Lernverfahren. Zudem können die Entscheidungsprozesse der Regelalgorithmen, die diese Sensordaten verarbeiten, in der Simulation umfassend getestet werden. Darüber hinaus ermöglicht die Simulation die Abbildung einer geschlossenen Regelschleife, bei der Sensordaten direkt in die verarbeitende Algorithmik eingespeist werden, die im Bedarfsfall Reaktionen wie Bremsungen oder Warnungen einleiten kann. Diese Reaktionen beeinflussen wiederum dynamische Simulationselemente wie den Zug oder Hindernisse, wodurch eine realitätsnahe und gesamtheitliche Beurteilung der GoA4-Funktionalität möglich wird.

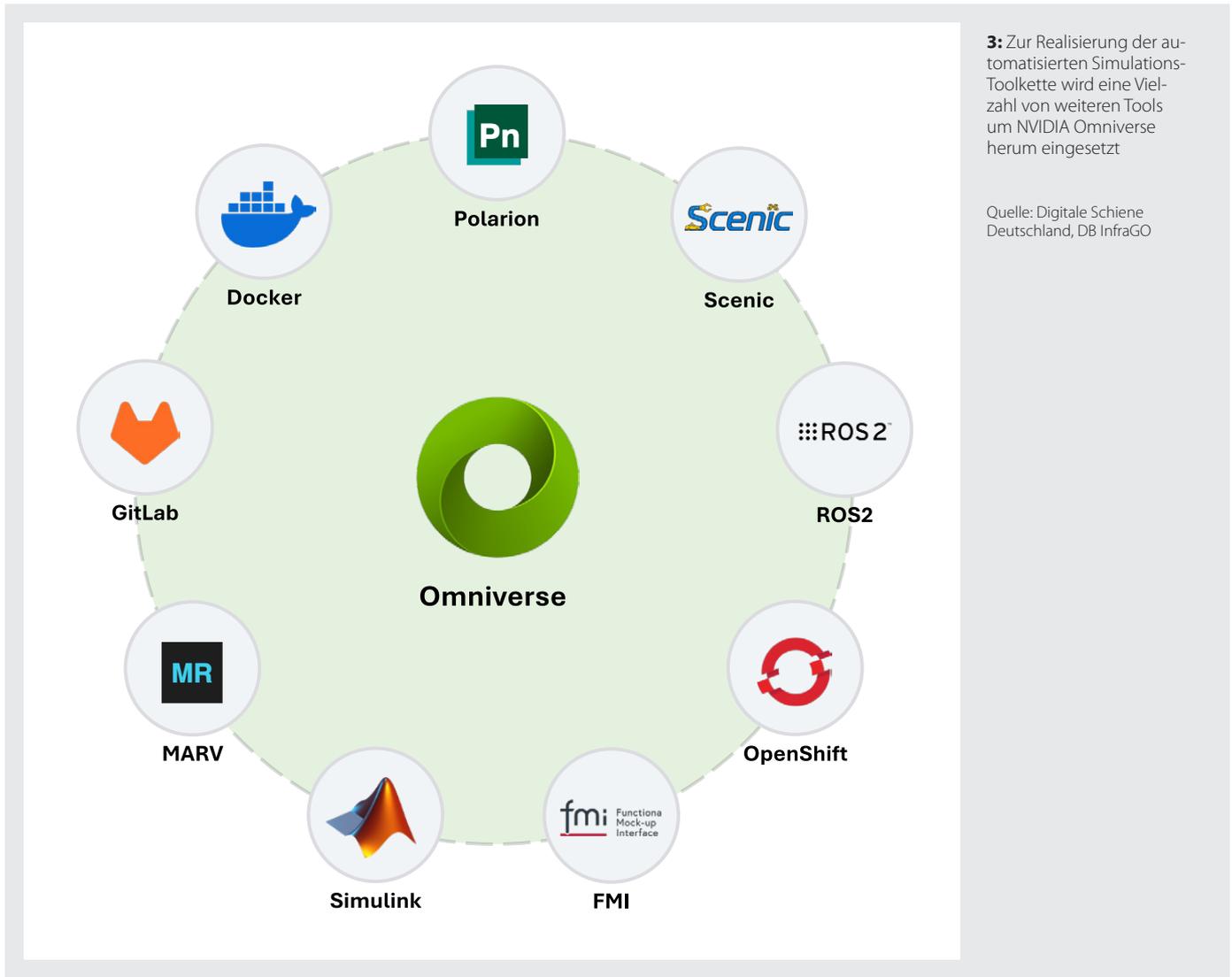
#### Umfeldmodellierung

Die Umgebung eines Zuges besteht sowohl aus stationären Objekten wie Infrastruktur und Bebauung sowie aus veränderlichen Elementen wie Vegetation oder temporären Baustellen. Zudem gibt es Bereiche von hoher Variabilität, wie etwa Bahnsteige, Bahnübergänge oder frei zugängliche Gleise, an denen sich Menschen, Tiere oder Fahrzeuge aufhalten können. Für eine realitätsnahe Simulation werden Bahnstrecken und ihre Umgebung durch hochpräzise Punktwolken Daten vermessen. Diese Punktwolken dienen als Referenz für stationäre Objekte.

Während statische Infrastrukturelemente exakt erfasst werden können, erfordert die Vegetation aufgrund jahreszeitlicher Veränderungen eine dynamische Anpassung an die jeweiligen Umweltbedingungen in der Simulation. Auf dieser Basis lässt sich ein digitaler Zwilling eines Streckenabschnitts erstellen. Das Rendern erfolgt mittels Strahlverfolgung (Raytracing), so dass die Wirkprinzipien der Sensoren exakt nachgebildet werden können. Zu diesem Zweck werden alle Objekte in der Szene mit sensortypischen Materialien versehen. Auf diesem Weg entsteht eine überaus realitätsnahe Abbildung der Sensorwahrnehmung in der Simulation.

#### 3.1. Auf Erkundungsfahrt durch den Szenarienraum

Realistische Szenarien basieren auf statischen Szenen mit vordefinierter Umgebung. Diese Szenen werden zeitlich mitein-



**3:** Zur Realisierung der automatisierten Simulations-Toolkette wird eine Vielzahl von weiteren Tools um NVIDIA Omniverse herum eingesetzt

Quelle: Digitale Schiene Deutschland, DB InfraGO

ander verknüpft. So entstehen vollständige Szenarien. Dabei agieren verschiedene Akteure wie der Zug, der einer vorgegebenen Strecke (Journey Profile) folgt, während seine Sensoren kontinuierlich die Umgebung erfassen und intelligente Algorithmen diese interpretiert. Zusätzlich interagiert der Zug mit Personen, anderen Fahrzeugen, beweglichen Objekten oder der Leit- und Sicherungstechnik.

Die Vielfalt möglicher Kombinationen aus Umgebungen, Akteuren und Aktionen erzeugt eine exponentielle Zahl potenzieller Szenarien. Dieser exponentielle Szenarienraum wird zielgerichtet und umfassend erkundet, so dass keine kritischen Szenarien übersehen werden. Zu diesem Zweck wurde eine leistungsfähige Simulations-Toolkette entwickelt. Diese erlaubt die effiziente Traversierung des virtuellen Szenarienraumes und verbindet physikalisch realistische Simulationen mit der gezielten Analyse sicherheitskritischer Situationen.

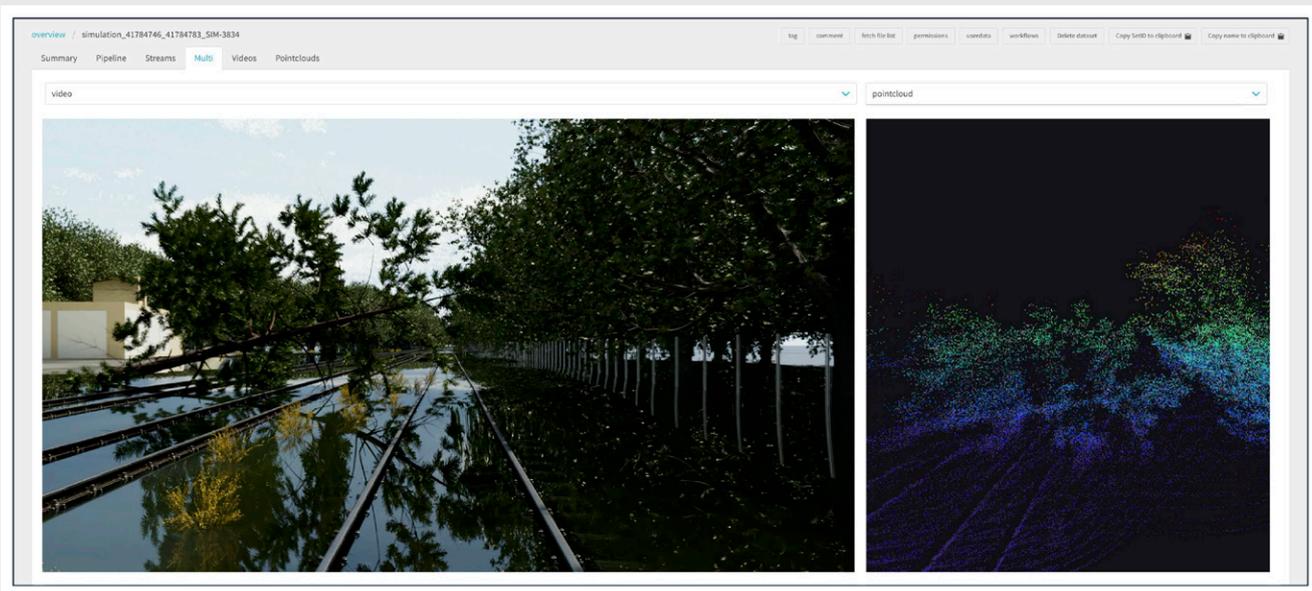
Abbildung 2 zeigt den Ablauf der für diesen Zweck entwickelten Simulations-Toolkette: Zunächst werden Anforderungen, Betriebsbereiche (Operational Design Domain), Ontologien und logische Szenarien definiert. Daraus werden automatisch konkrete Szenarien abgeleitet, die in einer physikalisch realistischen Simulation umgesetzt werden. Diese Simulation nutzt digitale Kartendaten und andere Informationen zur Bahninfrastruktur. Die erzeugten Simulationsdaten werden dann weiterverarbeitet, z. B. zur Analyse von Automatisierungsfunktionen oder zum Training von KI-Modellen.

**3.2. Simulations-Toolkette: Programmatische Erzeugung virtueller Szenarien**

Der digitale Zwilling des Bahnsystems und seiner Umgebung wird auf Grundlage der Simulationsplattform Omniverse von NVIDIA erstellt. Diese Plattform stellt die Appli-

kation Isaac Sim bereit, die komplexe physikalische Prozesse realitätsnah simulieren kann. Das Framework ermöglicht die Entwicklung eigener Modelle, wie z. B. Sensoren oder Fahrndynamik- und Regelungsmodulen, die im Rahmen der Simulations-Toolkette als Erweiterung oder mittels des weit verbreiteten FMI-Simulationsinterface-Standards (Functional Mock-up Interface) in die Gesamtsimulation eingebunden werden können. Zusätzlich bietet Omniverse generische Sensormodelle für Lidar, Radar und Kamera, die mittels Strahlverfolgung (Raytracing) realitätsgetreue Sensordaten generieren.

Die Simulation selbst wird auf speziellen NVIDIA OVX Servern ausgeführt, die für effizientes Rendering per Strahlverfolgung optimiert sind. Zur automatisierten Erstellung virtueller Szenarien und Sensordaten ist die Simulation in die in Abbildung 2 gezeigte Toolkette integriert. Diese verarbeitet die mannigfaltigen Simulationsparameter und Eingangsgrö-



4: Im Datenmanagement-Tool MARV abgelegte Simulationsergebnisse (Kamera und Lidar) eines konkreten Szenarios. Es wird die simulierte Überschwemmung des HVLE-Testgeländes in Berlin-Spandau gezeigt  
Quelle: Digitale Schiene Deutschland, DB InfraGO

ßen, orchestriert die Generierung und Persistierung von Sensor-, Sekundär- und Metadaten und stellt diese über das Datenverwaltungstool MARV bereit.

Die Szenariendefinition basiert hierbei auf der Szenarienbeschreibungssprache SCENIC, die ursprünglich für Automobilsimulationen entwickelt wurde. Mit SCENIC können sowohl logische Szenarien mit variierbaren Parametern als auch konkrete Szenarien mit festen Parametern definiert werden.

Das Konzept der logischen Szenarien wurde im PEGASUS-Projekt [6] sowie in weiteren Studien [1] [2] umfassend untersucht. Dabei wurde gezeigt, dass mannigfaltige Variationen von Szenarien zu kompakten logischen Szenarien-Beschreibungen effizient zusammenfasst werden können.

Dieser Ansatz wurde von der DSD erweitert und in das Application-Lifecycle-Management-Tool Polarion integriert. Das Tool

dient sowohl zur Verwaltung als auch zur Dokumentation der Simulationsdurchläufe.

Der Prozess startet mit der Definition funktionaler Szenarien, die mögliche Situationen textbasiert beschreiben. Diese Szenarien werden anschließend mit der Szenarienbeschreibungssprache SCENIC in verständliche logische Beschreibungen für Mensch und Maschine überführt. SCENIC bietet komfortable Methoden zur Variation von Parametern, wie etwa die gleich- oder normalverteilte Abtastung des Parameterraums. Dieses Konzept wird auch im Rahmen der Simulations-Toolkette genutzt. Auf Basis von konkreten SCENIC-Szenarien-Beschreibungen werden anschließend automatisiert 3D-Szenen im Universal Scene Description (USD)-Format erstellt, die die Grundlage für das Rendering mittels Omniverse sind. Dabei werden Kartendaten, Infrastrukturdaten und verschiedene 3D-Modelle automatisiert eingebunden. Neben dem Zug, den Sensoren und der Infrastruktur können auch weitere Objekte platziert sowie Umgebungsbedingungen wie Tageszeit, Wetter oder Sonnenstand individuell angepasst werden. Die logischen und konkreten Szenarienbeschreibungen sind fest mit den Simulationsergebnissen verknüpft. Dies gewährleistet eine vollständige Nachvollziehbarkeit, wie sie gemäß der CENELEC-Norm erforderlich ist.

Die Toolkette nutzt moderne Continuous Integration/Continuous Deploy-

ment (CI/CD)-Methoden unter Verwendung von Tools wie Git, Docker und OpenShift für die Automatisierung der Simulation (siehe Abbildung 3).

#### 4. Zusammenfassung und Ausblick

Der digitale Zwilling des Bahnbetriebs bietet enormes Potenzial, um die Entwicklung automatisierter Fahrfunktionen zu unterstützen. Mithilfe von NVIDIA Omniverse in Verbindung mit zahlreichen weiteren Tools können präzise Abbilder realer Bahnstrecken erstellt und relevante Betriebsszenarien automatisiert simuliert werden. Virtuelle Sensordaten können dafür sowohl zur Entwicklung virtueller Steuergeräte (Software-in-the-Loop) als auch zur Prüfung realer Hardware (Hardware-in-the-Loop) genutzt werden. Gleichzeitig bildet die Simulation die gesamte Prozesskette eines zukünftigen automatisierten Bahnsystems nach.

Die vorgestellte vollständig automatisierte Toolkette gewährleistet eine durchgängige Nachvollziehbarkeit von Prozessen und Ergebnissen – ein zentraler Aspekt für die Erfüllung der CENELEC-Norm bzgl. der Entwicklung sicherheitskritischer Funktionen. Das Konzept ist durch interdisziplinäre Zusammenarbeit entstanden und kombiniert Modellierungs-, Simulations- und bestehende IT-Standards in einer modularen Architektur. Diese Flexibilität ermöglicht eine optimale Anpassung an spezifische Anforderungen und eröffnet zudem breite

Mithilfe von NVIDIA Omniverse in Verbindung mit zahlreichen weiteren Tools können präzise Abbilder realer Bahnstrecken erstellt und relevante Betriebsszenarien automatisiert simuliert werden.

Potenziale für kosteneffiziente Erweiterungen und Synergien im Bahnsektor.

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Projektes können die Industriepartner auf Grundlage der erzielten Ergebnisse unmittelbar mit ihren Serienentwicklungsphasen starten. Die Digitale Schiene Deutschland hat damit wichtige Impulse in den Sektor gesendet und den Grundstein gelegt, dass entsprechende Systeme bereits in naher Zukunft von Eisenbahnverkehrsunternehmen bei der Industrie bestellt werden könnten.

[2] T. Menzel, G. Bagschik, L. Isensee, A. Schomburg und M. Maurer, „From Functional to Logical Scenarios: Detailing a Keyword-Based Scenario Description for Execution in a Simulation Environment,“ arxiv-org/1905.03989v1, 2019.

[3] N. Weber, D. Frerichs und U. Eberle, „A simulation-based, statistical approach for the derivation of concrete scenarios for the release of highly automated driving functions,“ Automotive meets Electronics, GMM-Fachbericht, VDE, Dortmund, 2020.

[4] Deutschland Digitale Schiene, „Digitaler Zwilling für das Trainieren von KI für das vollautomatisierte Fahren,“ Digital Gipfel, Jena, 2023.

[5] Deutschland Digitale Schiene, „Automatic Large-Scale Synthetic Data Generation,“ NVIDIA GTC, San José, CA & Virtual, 2025.

[6] Pegasus Project, „Automatisiertes Fahren Effektiv Absichern,“ 2019. [Online]. Available: <https://www.pegasusprojekt.de>.

[7] Digitale Schiene Deutschland, „Künstliche Intelligenz (KI) im Störfallmanagement,“ 2025. [Online]. Available: <https://digitale-schiene-deutschland.de/kuenstliche-intelligenz-im-stoerfallmanagement>.

[8] Digitale Schiene Deutschland, „Entwicklungsprojekt ‚AutomatedTrain‘ - Nutzen,“ 2025. [Online]. Available: <https://digitale-schiene-deutschland.de/de/projekte/automatedtrain#tab-Nutzen>.

Summary

**Digital twin of railway operations: Simulation of disruption and emergency situations in the context of fully automated driving**

Digitale Schiene Deutschland (DSD) has developed a digital twin of railway operations to safely simulate critical scenarios in virtual environments and support the development of automated driving functions. Based upon Nvidia Omniverse in conjunction with numerous other tools, precise replicas of real railway lines can be created and relevant operating scenarios can be simulated automatically. Virtual sensor data can be used both to develop virtual control units (software-in-the-loop) and to test real hardware (hardware-in-the-loop). At the same time, the simulation replicates the entire process chain of a future automated railway system.

The fully automated tool chain presented here guarantees end-to-end traceability of processes and results. The concept was developed through interdisciplinary collaboration and combines modelling, simulation and existing IT standards in a modular architecture.

Literatur

[1] C. Amersbach und H. Winner, „Functional decomposition - A contribution to overcome the parameter space explosion during validation of highly automated driving,“ Traffic Injury Prevention, 2019.

**5** Fachtagung  
**Eisenbahnrecht & Technik**

23. und 24. Juni 2025  
Universität Aachen

Jetzt anmelden

Weitere Informationen finden Sie unter  
[www.eurailpress.de/fet2025](http://www.eurailpress.de/fet2025)

Veranstalter: Eurail press

In Zusammenarbeit mit:

- Eisenbahn-Bundesamt
- GOETHE UNIVERSITÄT FRANKFURT AM MAIN
- RWTH AACHEN UNIVERSITY
- UNIVERSITÄT PASSAU