

„Der Zug zur Digitalisierung“, Retrospektive zum DLR-Symposium 2022

Der digitalisierte Bahnbetrieb stellt Unternehmen, Industrie, Wissenschaft und Politik vor zahlreiche Herausforderungen. Welchen Nutzen bringt die Digitalisierung für die Bahn tatsächlich? Welchen Anteil kann die Bahn für eine nutzerfreundliche Mobilität im regionalen Umfeld leisten? Wie geht es weiter mit der Automatisierung und welche Lösungen können Start-up-Unternehmen aus dem Bahnumfeld einbringen? Diese und weitere Fragestellungen hat das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) gemeinsam mit Partnern aus dem Bahnsektor am 29. und 30. November 2022 auf dem Symposium „Der Zug zur Digitalisierung“ diskutiert. Die Veranstaltung wurde durch eine begleitende, digitale Ausstellung mit interaktiven Exponaten zu Prototypen und Praxisbeispielen ergänzt.



Das Symposium startete mit einer Keynote von **Prof. Dr. Karsten Lemmer, Vorstand Innovation, Transfer und wissenschaftliche Infrastrukturen beim Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)** zum Thema „Innovation und Transfer im DLR“. Anhand unterschiedlicher Beispiele hob er die besondere Bedeutung der Schienenverkehrsforschung im DLR hervor und betonte den hohen Stellenwert, den der Technologietransfer von der Wissenschaft in die Praxis dabei einnimmt. Das Bahnsystem brauche Innovationen, für die die Forschung eine entscheidende Grundlage bilde. Es gehe jetzt darum, die Innovationspipeline weiter zu füllen, um in einem absehbaren Zeitraum marktfähige Produkte zu erhalten.

Eine weitere Keynote wurde von **Frau Dr. Claudia Stutz, Ministerialdirigentin im Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV), Abteilung Eisenbahnen** vorgestellt. Frau Dr. Stutz betonte die hohe Bedeutung des geplanten Deutschlandtakts für den Schienenverkehr in Deutschland. Zukünftig werde zunächst ein deutschlandweiter Zielfahrplan definiert, gefolgt von der Festlegung und Ausgestaltung der dafür notwendigen Infrastruktur. Gleichzeitig solle der Fokus aber auch auf digitalen Lösungen liegen, um die Kapazitäten auf bestehenden Strecken zu steigern. Dazu zählen aus Sicht des BMDV beispielsweise die

Digitale Automatische Kupplung im Schienengüterverkehr (DAK), Automatic Train Operation (ATO), Anwendungen im Bereich der Predictive Maintenance sowie das im Aufbau befindliche Offene Digitale Testfeld des Deutschen Zentrums für Schienenverkehrsforschung (DZSF).

Was bringt die Digitalisierung für den Bahnbetrieb?

Anschließend folgte der erste Themenblock mit vier Fachvorträgen. In den ersten beiden Vorträgen wurde die Leistungsfähigkeit des European Train Control System (ETCS) im Vergleich zu konventionellen Zugbeeinflussungssystemen diskutiert. **Dr. Matthias Busse, Scheidt & Bachmann Signalling Systems GmbH**, ging in seinem Vortrag auf den Einfluss von ETCS auf die Infrastruktur ein. Bestehende Regelwerke seien oftmals noch auf die punktförmige Zugbeeinflussung PZB 90 ausgelegt, so dass die Möglichkeiten, die ETCS bietet, nicht ausgeschöpft werden. Durch kleinere Anpassungen könnte in manchen Fällen eine Kapazitäts- und Leistungssteigerung mit ETCS umgesetzt werden. Allerdings könne es auch zu Restriktionen durch ETCS kommen. Am Schluss wies Dr. Busse auf die in Luxemburg umgesetzte ETCS-Lösung „Level 2“ ohne GSM-R hin.



Dr.-Ing. Bärbel Jäger

Abteilungsleiterin Design und Bewertung von Mobilitätslösungen, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Verkehrssystemtechnik, Braunschweig
Baerbel.Jaeger@dlr.de



Michael Mönsters, M.Sc.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Verkehrssystemtechnik, Braunschweig
Michael.Moensters@dlr.de

Lennart Asbach vom Institut für Verkehrssystemtechnik am DLR stellte ETCS und Class B-Systeme gegenüber. Zentraler Aspekt bei den Betrachtungen waren die unterschiedlichen, in den Systemen hinterlegten Bremskurven und die damit verbundenen Auswirkungen auf Performance und Leistungsfähigkeit der Strecken. Trotz der bei ETCS gegenüber PZB deutlich flacheren Bremskurven müsse es nicht zu einem Leistungsmindernden Verzögerungsverhalten kommen. Für den Vergleich sei das Verhalten des Triebfahrzeugführers am Sichtpunkt

des Vorsignals entscheidend. Asbach stellte die mit Hilfe von Simulationen und Berechnungen im DLR-ETCS-Prüflabor RailSiTe® ermittelten Ergebnisse vor und wies darauf hin, dass Laboruntersuchungen ein effizienter Weg sind, vor Inbetriebnahme einer Strecke deren Kapazität zu überprüfen.

Bei den beiden folgenden Beiträgen lag der Fokus auf einer Optimierung des Bahnbetriebs durch die Nutzung von Fahrerassistenzsystemen.

Dr. Christian Meirich vom Institut für Verkehrssystemtechnik am DLR betonte die große Bedeutung von Fahrerassistenzsystemen (FAS) für einen pünktlichen und energieeffizienten Bahnbetrieb. Dabei komme es allerdings darauf an, vorhandene Systeme zu erweitern und zu vernetzen. Meirich hob hervor, dass sich damit weitere Potenziale ergeben, wie bspw. eine Erhöhung der Streckenleistungsfähigkeit, die Vermeidung von Lastspitzen in der Bahnstromversorgung sowie verschleißarmes Fahren. Er wies darauf hin, dass die Nutzung vernetzter FAS standardisierte Schnittstellen sowie einheitliche Datengrundlagen erfordert. Außerdem können vernetzte FAS auch einen Migrationsschritt hin zu einem automatisierten Bahnbetrieb darstellen.

Roland Ortmann von der DB Netz AG stellte die Grünen Funktionen der Zuglaufregelung vor, ein Projekt zur Unterstützung der Triebfahrzeugführenden für eine energieeffiziente Fahrweise. Das System bietet dafür verschiedene Funktionen. Beim so genannten Nachfahren ist das Ziel, einen Halt aufgrund eines bevorstehenden Konflikts mit einem vorausfahrenden Zug zu vermeiden. Das so genannte Kürzen vor einer Langsamfahrstelle hat eine Verspätungsvermeidung oder -verminderung zum Ziel. Das Planfahren unterstützt die Triebfahrzeugführenden bei der Wahl einer reduzierten Geschwindigkeit, wenn Fahrzeitzuschläge nicht benötigt werden. Zusätzlich soll das System die Übersicht über die aktuelle Betriebssituation verbessern. So können die Triebfahrzeugführenden mit den Funktionen Fernglas und Rückspiegel wertvolle Informationen zu umgebenden Zugfahrten erhalten. Aktuelle Auswertungen hätten eine netzweite Energieeinsparung durch das System von 1,5% pro Jahr ergeben.

Mobilität für die Region – welchen Anteil kann die Bahn leisten?

Im zweiten Themenblock stand die Mobilität in der Fläche im Fokus. Dabei ging es insbesondere um den Aspekt, inwieweit



1: Durch konsequente Nutzung der Digitalisierung kann die Zukunftsfähigkeit der Bahn maßgeblich gestärkt werden

Quelle: DLR

die Bahn auf Nebenstrecken durch neue Techniken und innovative Betriebskonzepte Marktanteile im Modal Split des Personenverkehrs zurückgewinnen kann.

Sven Ratjens von der Bahnstrecken Verwaltungen GmbH (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel) stellte dazu die Forschungsinitiative REAKT vor. Der Zusammenschluss mehrerer Institutionen und Stakeholder aus Politik, Wissenschaft, Verbänden und der Industrie will auf einer Forschungsbahnstrecke in Schleswig-Holstein einen neuartigen Bahnbetrieb mit besonderem Fahrzeugkonzept umsetzen und erproben. Dabei sollen beispielsweise die Forschungsfelder Digitalisierung und Kosteneffizienz des Bahnbetriebs, Betriebskonzepte für automatisiertes Fahren, Fahrzeugkonzepte mit Fokus auf Leichtbau und Wirtschaftlichkeit sowie eine kostengünstige Infrastruktur betrachtet werden.

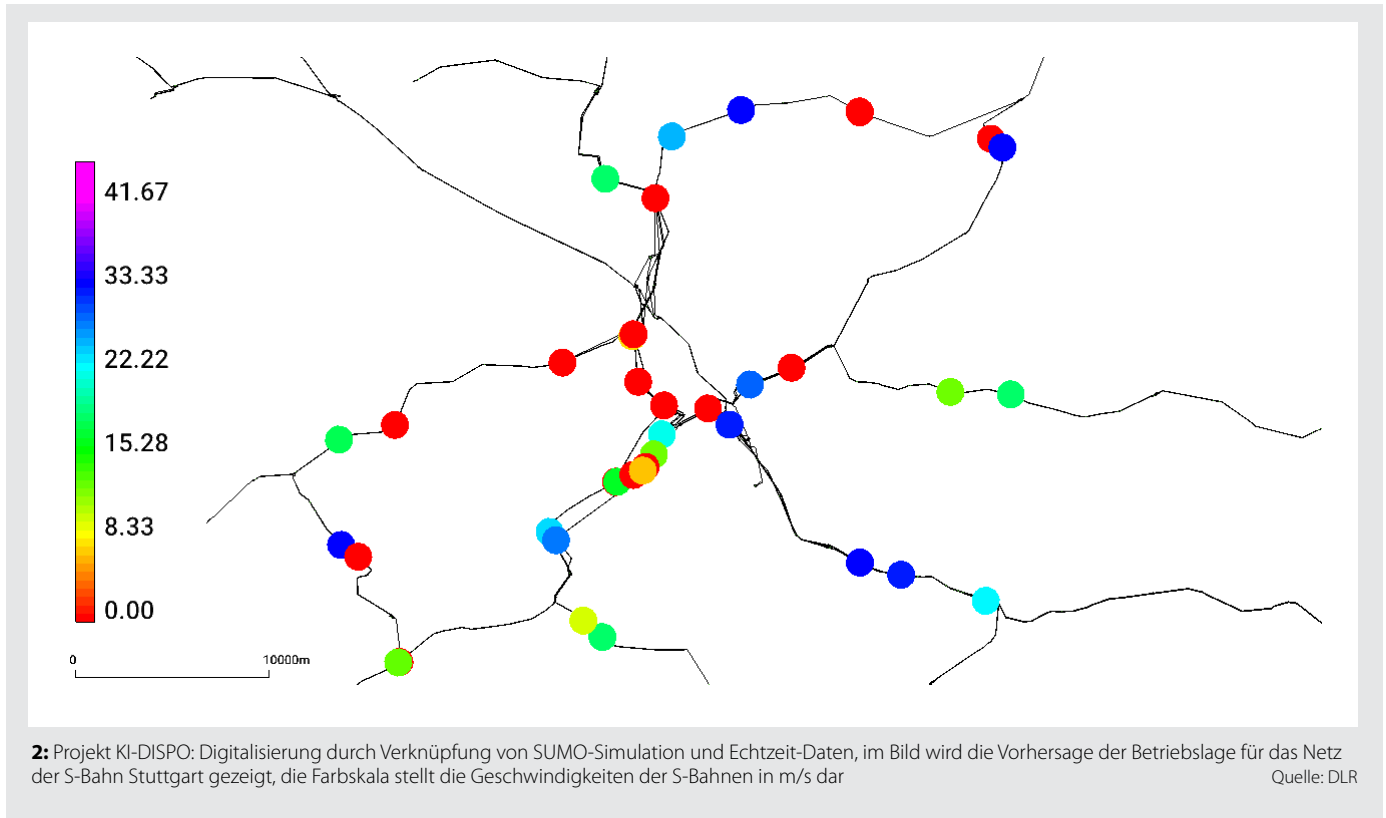
Dr. Jens König vom Institut für Fahrzeugkonzepte am DLR knüpfte inhaltlich an den vorherigen Beitrag an, indem er ein Konzept für kleine, automatisch fahrende Schienenfahrzeuge für Nebenstrecken präsentierte. Das „NGT TAXI“ soll als systemischer Ansatz zur Reaktivierung und Belebung von Nebenstrecken dienen. Ziel ist es, bis 2027 einen fahrbaren Demonstrator aufs Gleis zu bringen. Ein mögliches Anwendungsgebiet könnte die Ablösung ein- und zweiteiliger Diesel-Triebwagen auf Nebenstrecken sein, z.B. als automatisch fahrendes, On-Demand-System im 24/7-Betrieb. Das Fahrzeugkonzept zeichnet sich durch eine Variabilität der Fahrgastkapazität mittels längenmodularem Architektur-Baukasten aus.

Prof. Dr. Gernot Liedtke vom Institut für Verkehrsforschung am DLR ging in seinem Beitrag auf Möglichkeiten zur Erhöhung der Nutzung des Schienenverkehrs

ein. Die Schiene habe sich bzgl. Netzausdehnung von 1955 bis heute um knapp ein Drittel aus der Fläche zurückgezogen. Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken, fordert Liedtke risikolose Reiseketten in Form umsteigefreier Verbindungen, gesteigerte Taktfrequenzen sowie das Mitdenken der ersten und letzten Meile. Darüber hinaus solle der Bahnhof als Mobilitätsdrehscheibe angesehen werden. Streckenreaktivierungen könnten ein Instrument darstellen, um lange Zeit ungenutzte Potenziale wieder verfügbar zu machen. Im Güterverkehr könne die Schiene insbesondere durch eine bessere Zuverlässigkeit Anteile von der Straße abgreifen.

Im letzten Beitrag dieses Themenblocks stellte **Dr. René Zweigel von der Rurtalbahn GmbH** das Projekt BrainTrain JuLiA vor. Im Rahmen des Projekts soll ein Teilabschnitt der Rurtalbahn in der Betriebsart ETCS Level 1 Full Supervision (FS) mit ATO betrieben werden. Das ATO-Testfahrzeug soll jeweils zwischen den konventionellen Zugfahrten verkehren. Die Rurtalbahn sieht dieses Projekt als Chance, automatisiertes Fahren regional voranzubringen. Zweigel betonte dabei die angespannte Verfügbarkeit von Triebfahrzeugführenden. Die verstärkte Automatisierung könnte hier die Möglichkeit bieten, Personennahverkehr flexibel und nachfrageorientiert anzubieten.

In der anschließenden Diskussion wurden die Wirtschaftlichkeit und die Zulassung neuer kompakter Schienenfahrzeuge thematisiert. Ein Teilnehmer wies darauf hin, dass ein kleines Schienenfahrzeug wie das NGT TAXI hohe Kosten verursachen werde, wenn für jedes Nebenbahn-Projekt ein eigenes Fahrzeug konstruiert werden muss. **König** entgegnete, dass das Ziel beim NGT TAXI darin liege, einen Mittelweg zu finden: Es soll ein Grundentwurf fest-



gelegt werden und anschließend eine Anpassung je nach Strecke erfolgen. Ratjens forderte aus Sicht des REAKT-Projekts eine Neudefinition von gesetzlichen Regelwerken, um neuartige Betriebsformen zulassen zu können. Das Ziel müsse sein, Lösungen für neue Konzepte jenseits von Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO) sowie Betriebsordnung Straßenbahn (BOStrab) zu finden. **Dr. Meyer zu Hörste vom Institut für Verkehrssystemtechnik am DLR** forderte ebenfalls ein besser zugeschnittenes Regelwerk sowie eine angepasste Zulassung für innovative Betriebskonzepte auf Nebenstrecken. **Liedtke** regte an, ländliche Nebenstrecken als Experimentierfeld zu nutzen, erste Pilot-Strecken allerdings im Umland großer Metropolen zu initiieren, um eine größere Sichtbarkeit zu erzeugen.

Zu Beginn des zweiten Veranstaltungstages stellte **Dr. Annika Hundertmark von der DB Netz AG, Digitale Schiene Deutschland**, die Digitalisierungsstrategie der Deutschen Bahn (DB) vor. Sie präsentierte das Zielbild für das Gesamtsystem Bahn, basierend auf dem Einsatz digitaler Technologien und neuer Funktionalitäten. Die Umsetzung soll in drei Stufen, beginnend mit der Digitalisierung der Infrastruktur über das hochautomatisierte Fahren, das Fahren im optimalen Raumabstand bis

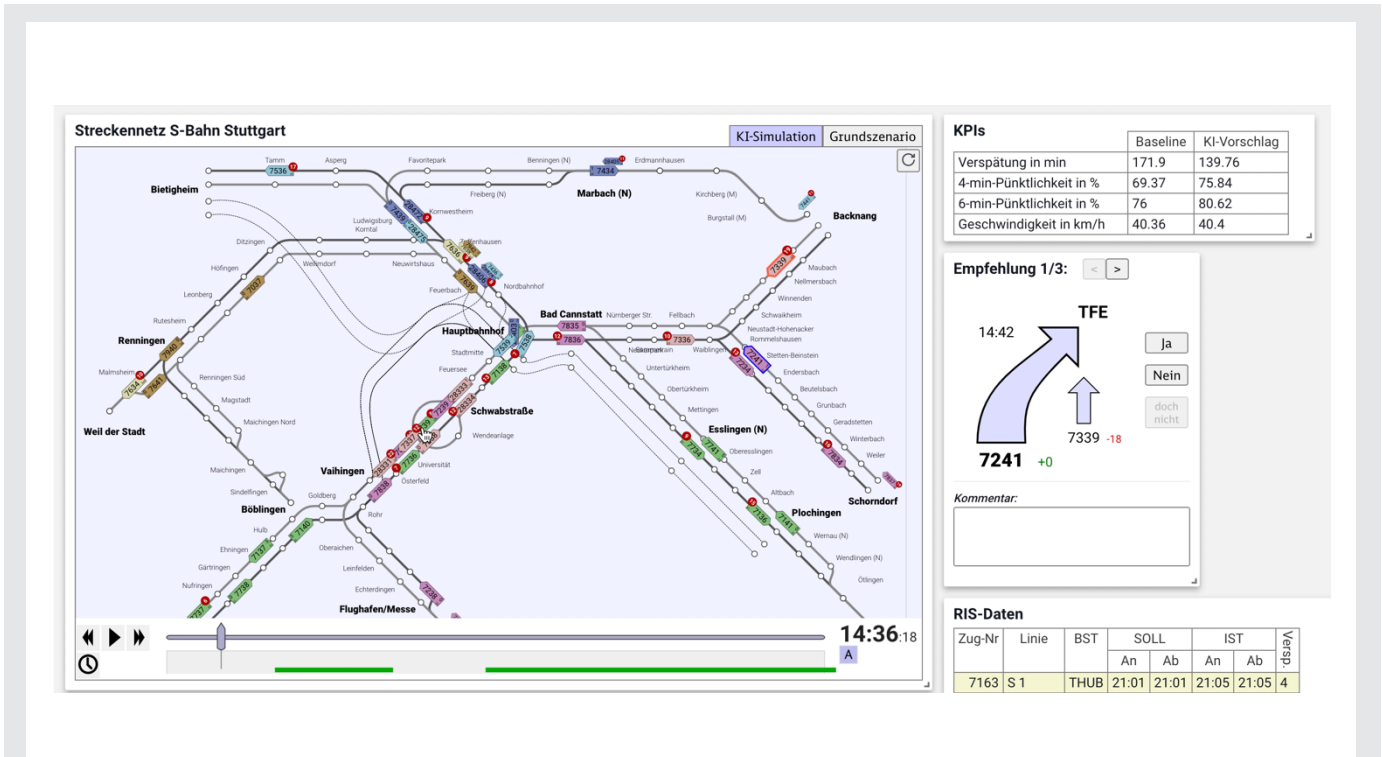
hin zum vollautomatisierten Fahren mit einer intelligenten Kapazitätsplanung und Verkehrssteuerung erfolgen. Hundertmark hob die Bedeutung von sensorbasierten Systemen hervor. Eine große Herausforderung sieht sie in der Bereitstellung der nötigen Datenmenge und ihrer Auswertung. Sie regte an, einen gemeinsamen, sektorweiten Szenarienkatalog zu definieren und Testfalldaten für den ganzen Sektor zugänglich zu machen. Im ersten Quartal 2023 will die DB dem Bahnsektor ein erstes Open Dataset mit Messdaten hoher Qualität zur Verfügung stellen.

Welche Rolle spielen KI, IKT und Simulationstechniken in der Bahnautomatisierung?

Der Themenblock 3 knüpfte direkt an die Keynote der DB Netz AG an. **Dr. Friedbert Berens von der FB-Consulting GmbH** sprach zum Thema Spektrums-Regulierung im Schienenverkehr. Berens machte deutlich, dass die drahtlose Kommunikation eine wichtige Grundlage für die Digitalisierung der Bahn sei. Dafür sei es wichtig, die Frequenz-Spektren für die Kommunikation zu definieren und dabei die Interessen des Bahnbereichs zu berücksichtigen. Die Spektrums-Regulierung sei eine wichtige Voraussetzung für eine langfristige Zutei-

lung und Planbarkeit der zur Verfügung stehenden Frequenzen je nach Kommunikationstechnologie. Berens betonte, dass hierfür lange Planungszeiträume erforderlich sind. Es seien Länderspezifika zu beachten, Wechselwirkungen zu ermitteln und Testmessungen durchzuführen. Aktuelles Thema der Branche sei die zukünftig anstehende Sicherstellung eines GSM-R- und FRMCS-Parallelbetriebs.

Das Thema Kommunikation wurde von **Dr. Stephan Sand vom Institut für Kommunikation und Navigation am DLR** weiter vertieft. In seinem Beitrag ging er auf die V2X-DuRail Messkampagne mit dem advanced TrainLab der DB ein. Zunächst nahm er eine Einordnung der demnächst zur Verfügung stehenden Road ITS- und Urban Rail ITS-Systeme vor (ITS-G5 Road, LTE C-V2X Road, DSSS Rail). Im Projekt V2X-DuRail ging es um die Prüfung, ob eine Koexistenz dieser drei Technologien im städtischen Kontext mit eng beieinander liegenden Verkehrswegen möglich ist. Im Bereich Berlin-Tempelhof und -Neukölln wurde dazu eine Messkampagne durchgeführt. Nach Auswertung der Messergebnisse wird eine Schutzzone von 200 m im Umkreis von Bahnanwendungen empfohlen, um Störungen durch V2X-Signale von Road ITS-Systemen auf die Bahn zu reduzieren.



3: Bedienoberfläche des Dispositionssystems KI-DISPO für das Streckennetz der S-Bahn Stuttgart

Quelle: DB

Um die konkrete Anwendung von Kommunikations- und Sicherungstechnik ging es im Beitrag von **Marc Behrens, Deutsche Bahn AG**. Er stellte den aktuellen Stand der ETCS-Planung für den Digitalen Knoten Stuttgart vor. Dort werden in den nächsten Jahren große Teile sowohl des S-Bahn-Systems als auch der Gleisanlagen des neuen Tiefbahnhofs Stuttgart 21 mit ETCS Level 2 ausgerüstet. Zusätzlich werden S-Bahnen und Regionalzüge mit einem ATO-System nach GoA2 ausgestattet. Durch ETCS-Blockoptimierung und Entfall der Lichtsignale kann die Leistungsfähigkeit gegenüber der bisherigen punktförmigen Zugsicherung (PZB) um bis zu 30 % gesteigert werden. Dazu wurden insbesondere in den Bahnhofsbereichen die Nutzlängen optimiert und die Länge der Teilblöcke weiter reduziert. Gerade in Knotenbereichen könne so ein großes Potenzial hinsichtlich Kapazität und Leistung gehoben werden.

Bei **Dr. Jakob Erdmann vom Institut für Verkehrssystemtechnik am DLR** stand die Simulationstechnik im Fokus. In seinem Beitrag erläuterte er die Möglichkeiten der Simulation als Baustein für KI-Anwendungen in der Disposition. Herr Erdmann präsentierte die Software SUMO (Simulation of urban mobility). Zunächst fokussiert auf den Straßenverkehr, bildet sie mittlerweile

auch den Bahnbetrieb auf mikroskopischer Ebene ab. SUMO erlaubt zudem eine Echtzeit-Kopplung mit externen Schnittstellen bzw. Anwendungen. Das Ziel im aktuellen Projekt KI-DISPO ist es, die S-Bahn-Disposition durch assistierende Empfehlungen zu verbessern. Die Simulation berechnet die Auswirkungen verschiedener Dispositionsentscheidungen und reicht diejenigen mit der höchsten Effektivität im Verspätungsabbau an die Nutzenden weiter. Das Verfahren ist bei der S-Bahn Stuttgart bereits im Einsatz und läuft im Hintergrund mit (s. Bilder 2 und 3). Hinzukommen sollen zukünftig die S-Bahn-Netze in München, Frankfurt und Berlin.

Können Start-ups die Bahn-Digitalisierung beschleunigen?

Im Themenblock 4 haben verschiedene Start-up-Unternehmen aus dem Bahnsektor ihre Lösungen und Produkte vorgestellt, welche allesamt einen Beitrag zur Digitalisierung der Bahn liefern.

Zunächst sprach **Dr. Thomas Strang, CEO Intelligence on Wheels GmbH**, zum Thema Train Collision Avoidance System (TrainCAS). Dabei handelt es sich um ein Overlay-Kollisionswarnsystem für den Eisenbahnbetrieb. Das System ist mit seinem

dezentralen, fahrzeugbasierten Ansatz insbesondere für regionale Strecken sowie Industrie- und Anschlussbahnen geeignet. Es sind keine Erweiterungen in der Infrastruktur notwendig. Portable Einheiten ermöglichen den Netzzugang auch für Fremdfahrzeuge.

Anschließend gewährte **Dr. Thomas Böhm, KONUX**, einen Einblick in innovative Predictive Maintenance Lösungen. Zentrales KONUX-Produkt ist das prädiktive Weichen-Monitoring. Seit September 2022 sind die Weichen-Monitoring-Systeme u. a. bei der Deutschen Bahn im Serieneinsatz. Als Voraussetzungen für den Erfolg des Software as a service-Ansatzes vieler Start-up Unternehmen sieht Böhm seitens der Bahnunternehmen ein größeres Vertrauen in neue Technologien sowie langfristige Digitalisierungsstrategien als essenziell an.

Paula Ruoff von FAIRTIQ stellte im Anschluss digitale Ticketlösungen auf der Basis des Check in/Check out-Verfahrens vor. Die Zugangshürden für Fahrgäste würden dadurch deutlich gesenkt. Bei FAIRTIQ-Lösungen müsse der Fahrgast nur das Ein- und Aussteigen bestätigen, der Fahrpreis wird anschließend automatisch berechnet. Erste FAIRTIQ-Anwendungen sind in der Schweiz (landesweit), aber auch in deutschen Verkehrsverbänden (z.B. eezv NRW) im Einsatz.

Dipl.-Ing. Martin-Christopher Noll von der i4M technologies GmbH präsentierte das Portfolio seines Unternehmens. Im Fokus stehen insbesondere Digitalisierungsprojekte in Stadtbahn-Betrieben. Kernprodukt ist die Gewinnung von Daten, die bislang nur sehr schwer zu beschaffen bzw. zu messen waren, aus verschiedensten Sub-Systemen. Ein aktuelles Projekt ist bspw. eine KI-basierte Gleisüberwachung für die Stadtbahn-Betreiber Düsseldorf, Wien, Graz, Hannover und Dublin.

Das zentrale Ziel der **Rail-Flow GmbH** ist die Förderung des Schienengüterverkehrs. **Dominik Fürste** zeigte auf, dass der intermodale Verkehr viel Potenzial bietet und die Schiene im Hauptlauf sehr gut für den Massenverkehr geeignet ist. Die Agenda der Rail Flow GmbH sieht vor, den Schienengüterverkehr zugänglicher und effizienter zu gestalten. Dazu hat das Start-up ein Marktplatz-System zur Vernetzung der relevanten Stakeholder geschaffen. Die einzelnen Module führen bspw. verschiedene Teilabschnitte des Transports zusammen und generieren so ein für den Kunden

durchgehendes Ticket für die jeweilige Transportleistung.

Dr. Ilka May, CEO LocLab Consulting GmbH, erläuterte die Erstellung von digitalen Zwillingen von Bahnanlagen, Bahngebäuden und weiteren bahnspezifischen Einrichtungen. Bei LocLab steht die Modellierung digitaler 3D-Abbilder unter dem Aspekt des Building Information Modeling (BIM) im Vordergrund. Die erstellten 3D-Modelle kommen z. B. bei Bürgerbeteiligungen, zur Digitalisierung bislang analoger, betrieblicher Prozesse oder im Personaltraining zum Einsatz.

Resümee

Auch das zweite Symposium „Der Zug zur Digitalisierung“ hat mit ca. 100 angemeldeten Teilnehmern große Anerkennung in der Branche gefunden. Wir freuen uns darauf, das Symposium in den kommenden Jahren fortzusetzen, um aktuelle Herausforderungen und innovative Lösungen zu diskutieren und den Austausch zwischen Forschung und Industrie zu fördern. •

Summary

„Der Zug zur Digitalisierung“, Retrospektive zum DLR-Symposium 2022

Der digitalisierte Bahnbetrieb stellt Unternehmen, Industrie, Wissenschaft und Politik vor zahlreiche Herausforderungen. Welchen Nutzen bringt die Digitalisierung für die Bahn tatsächlich? Welchen Anteil kann die Bahn für eine nutzerfreundliche Mobilität im regionalen Umfeld leisten? Wie geht es weiter mit der Automatisierung und welche Lösungen können Start-up-Unternehmen aus dem Bahnumfeld einbringen? Diese und weitere Fragestellungen hat das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) gemeinsam mit Partnern aus dem Bahnsektor am 29. und 30. November 2022 auf dem Symposium „Der Zug zur Digitalisierung“ diskutiert. Die Veranstaltung wurde durch eine begleitende, digitale Ausstellung mit interaktiven Exponaten zu Prototypen und Praxisbeispielen ergänzt.