

# Autopilot für Stellwerke: Konzept und Nutzen

Möglichkeiten zur Automatisierung des Betriebs von elektronischen und digitalen Stellwerken inklusive einer Nutzenbetrachtung

CHINENYE AZUBUIKE | ARNE CASSENS

Die Steuerung des Bahnbetriebs ist durch einen hohen Grad an manuellen Tätigkeiten und Medienbrüchen zwischen Fahrdienstleitern (Fdl) und Disponenten geprägt. Dies führt zu einer erhöhten Arbeitsbelastung und Verzögerungen im Betrieb, insbesondere bei Störungen und kurzfristigen Änderungen. Im Rahmen eines Vorprojektes zum zukünftigen Kapazitäts- und Verkehrsmanagementsystem (Capacity and Traffic Management System/CTMS) der Digitalen Schiene Deutschland (DSD) untersucht die DB InfraGO AG (DB InfraGO) eine mögliche Automatisierung der Schnittstelle zwischen Dispositionssystem und Stellwerk (Stw) durch den „Autopiloten für Stellwerke“. Dabei wurden die grundsätzliche Machbarkeit sowie der Nutzen einer solchen Lösung bestätigt. Durch eine Automatisierung können betriebliche Abläufe optimiert und Effizienzsteigerungen erzielt werden. Eine detaillierte quantitative und qualitative Bewertung der konkreten Nutzeneffekte aus betrieblicher Sicht steht derzeit noch aus.

## Einführung

Die fehlende Automatisierung und ein hoher manueller Arbeitsaufwand stellen erhebliche Herausforderungen für die Effizienz im Bahnbetrieb dar. Insbesondere die mangelnde automatisierte Schnittstelle zwischen dem Dispositionssystem und dem Stw führt zu einem erhöhten Zeitaufwand bei der Durchführung von Dispositionsmaßnahmen (Abb. 1).

Fdl sind gezwungen, zahlreiche manuelle Aufgaben zu übernehmen, darunter das Erstellen und Aktualisieren von Lenkplänen aus Fahrplänen und Dispositionsmaßnahmen. Die Maßnahmen müssen u.a. telefonisch zwischen Disponenten und Fdl abgestimmt und separat in die Systeme der Disposition und des Stw eingegeben werden. Ein weiterer kritischer Aspekt ist die manuelle Überprüfung durch den Fdl, ob der Zug die Infrastruktur befahren darf, bevor die Fahrterlaubnis erteilt werden kann. Diese sicherheitsrelevante Aufgabe wird derzeit nicht vollständig von den Leit- und Bediensystemen umgesetzt.

Besonders bei Betriebsstörungen und kurzfristigen Änderungen führt die manuelle Bearbeitung zu erheblichen Verzögerungen und einem deutlich erhöhten Arbeitsaufwand. Darüber hinaus verursachen unbesetzte oder unterbesetzte Stw weitere Verspätungen, da

Zugbewegungen nicht stattfinden können, wenn der Bedienbereich nicht durch einen Fdl besetzt ist.

Derzeit entwickelt DB InfraGO ein KI-basiertes CTMS zur Optimierung der Fahrplannerstellung und -disposition, das in kurzen Abständen optimierte betriebliche Entscheidungen generiert [1]. Ohne den Autopiloten für Stw können die von einem CTMS generierten Dispositionsmaßnahmen lediglich vorgeschlagen werden. Die Umsetzung muss weiterhin manuell erfolgen. Um das volle Potenzial der Kapazitäts- und Qualitätseffekte eines CTMS zu erreichen, sollen die generierten Entscheidungen so schnell wie möglich zwischen Disposition und Stw automatisiert übermittelt werden.

Diese Herausforderungen sollen durch den Autopiloten für Stw für elektronische und digitale Stw gelöst werden. Der Autopilot ist ein System, das die automatische Generierung und Validierung von Lenkplänen für Stellwerkssysteme unterstützt [2].

## Technische Beschreibung des Konzepts

Die bestehende manuelle Schnittstelle soll mithilfe des Autopiloten für Stw automatisiert werden (Abb. 2). Das Zielbild umfasst zwei neue Systeme: Den „Lenkplangenerator“ und den „Lenkplanvalidierer“. Während der Lenkplan-

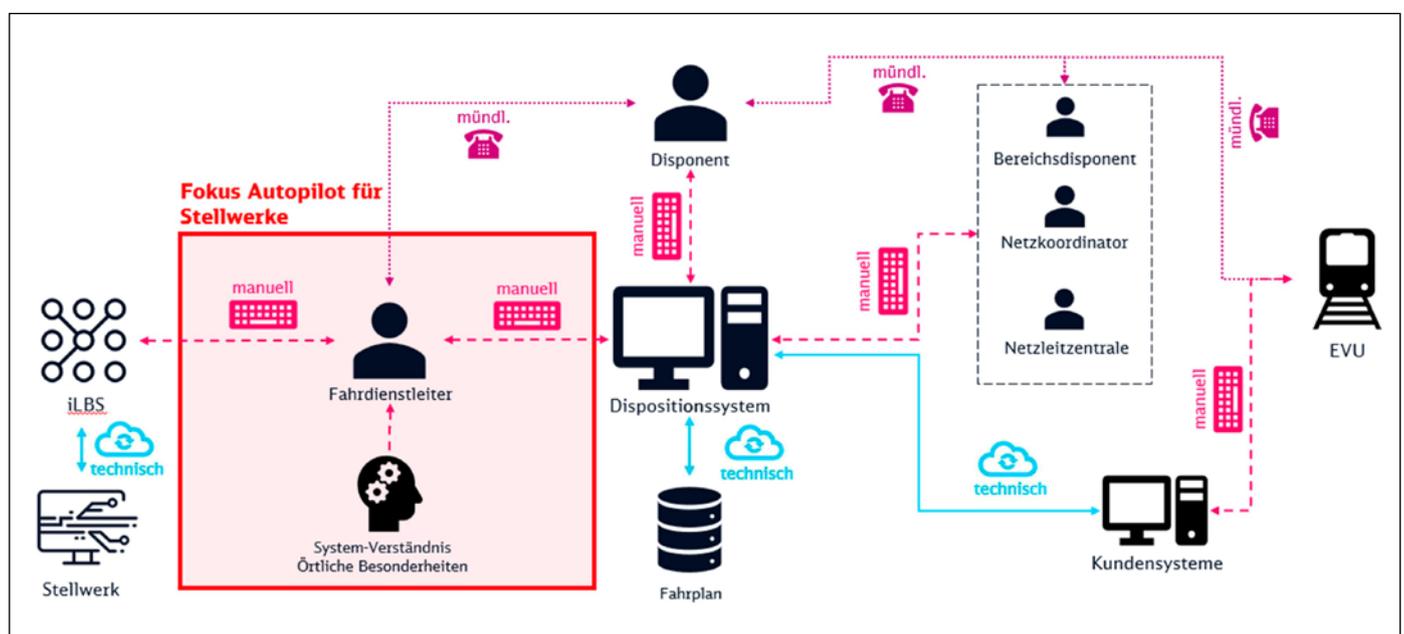


Abb. 1: Schematische Darstellung des Informationsflusses

Quelle aller Abb.: DSD/DB InfraGO

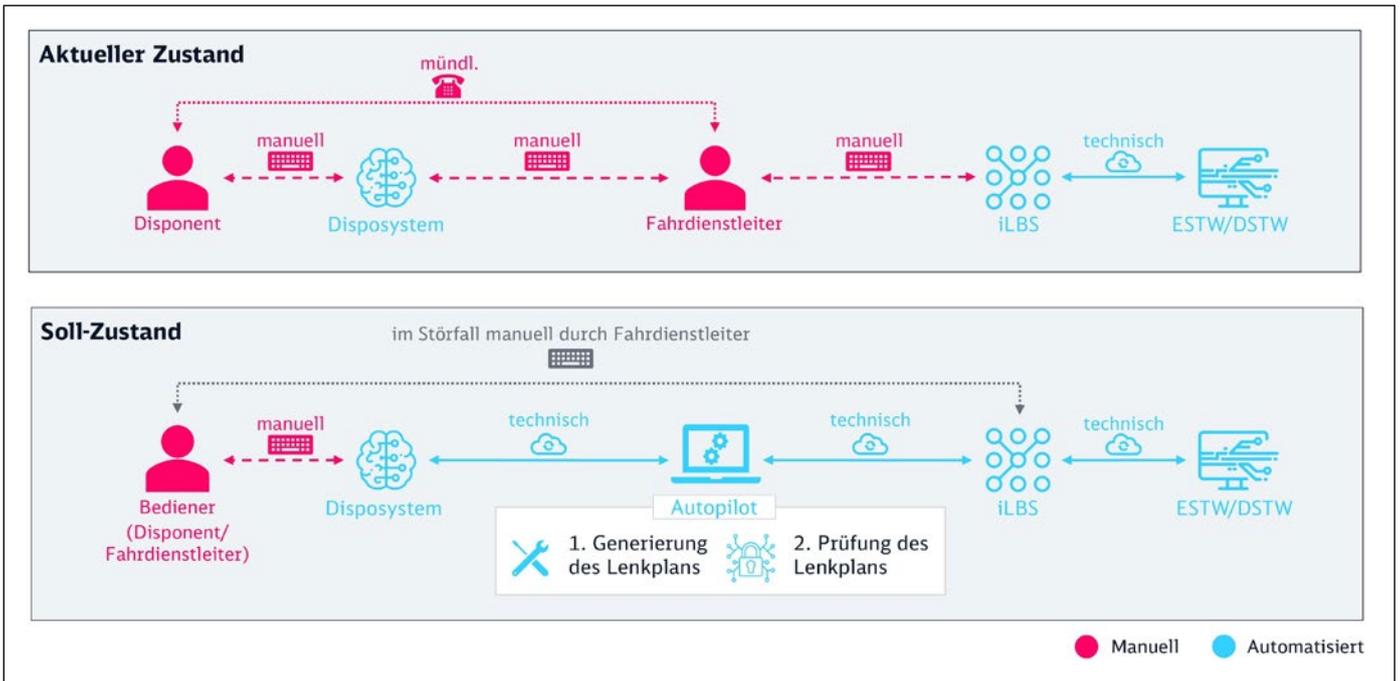


Abb. 2: Gegenüberstellung des aktuellen Zustands und des Zielzustands

generator die Fahrplaninformationen aus den Dispositionssystemen in das Lenkplanformat transformiert, überprüft der Lenkplanvalidierer die erzeugten Lenkpläne auf Umsetzbarkeit und übergibt sie der Steuertechnik, bestehend aus dem integrierten Leit- und Bediensystem (iLBS) und der iLBS-Zentraleinheit mit Schnittstelle zur Zuglenkung sowie dem Stw.

Die beiden zu entwickelnden Systeme beziehen Fahrplandaten aus dem Dispositionssystem LeiDis-D oder später aus dem CTMS. Infrastruktur- und Stammdaten werden aus dem Digital Register (DR) bezogen, das ebenfalls durch die DSD entwickelt wird. Darüber hinaus können Bedienerkonfigurationen die Lenkplaninhalte dort beeinflussen, wo Freiheitsgrade bestehen [2] (Abb. 3).

**Aufbau und Inhalte eines Lenkplans**

Der Lenkplan ist die planerische Vorgabe für die automatische Lenkung eines Zuges. Bisher werden Lenkpläne von den Fdl manuell aus dem Fahrplan in das Bediensystem eingegeben. Die Lenkpläne für alle Züge werden an eine zentrale Lenkplanverwaltung gesendet. Der Gesamtlenkplan eines Zuges besteht aus mehreren iUZ-Lenkplänen, die jeweils die für eine integrierte Unterzentrale (iUZ) aufeinanderfolgenden Fahrstraßen beinhalten (Abb. 4). Überdies enthalten die iUZ-Lenkpläne weitere Angaben wie beispielsweise zu Wartezeitregelungen am Zuglenkungssignal oder zur geschwindigkeitsabhängigen Berechnung von Stellanstoßzeitpunkten für bewegliche Fahrwegelemente. Für den Lenkplan bestehen Formatvorgaben in Form einer XML-Struktur, die von der zentralen Lenkplanverwaltung verwaltet alle Lenkpläne für mit iLBS

ausgestattete iUZ. Sie stellt darüber hinaus die Kommunikation mit der jeweiligen Zuglenkung einer iUZ und weiteren iLBS-Komponenten sicher. Unterschieden wird zwischen langfristigen und tagesaktuellen Lenkplänen. Langfristige Lenkpläne werden in der Regel für eine Fahrplanperiode eingegeben und können für eine Zugnummer an unterschiedlichen Gültigkeitstagen Unterschiede aufweisen. Un-

ter tagesaktuellen Lenkplänen sind Lenkpläne zu verstehen, die für eine Zugnummer für diesen Betriebstag in der jeweiligen Zuglenkung abgearbeitet werden sollen.

**Nutzen für die Eisenbahn**

Die Digitalisierung der Schiene zielt darauf ab, die Kapazität, Qualität und Effizienz des Bahnbetriebs zu steigern. Die wesentlichen Nutzen-

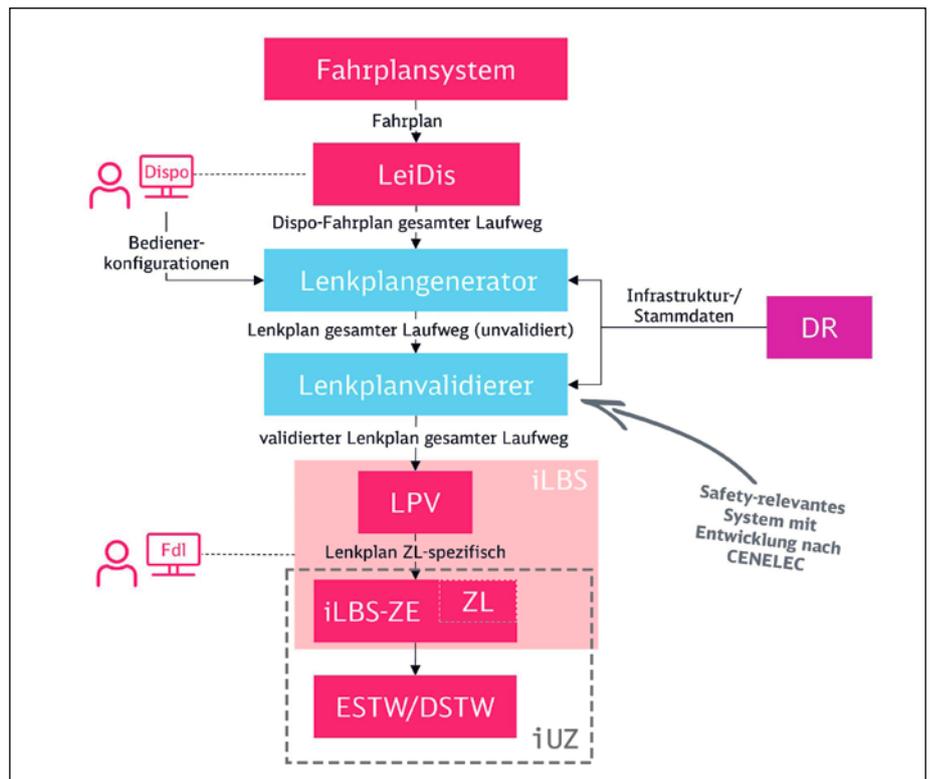


Abb. 3: Vereinfachte mögliche Systemarchitektur

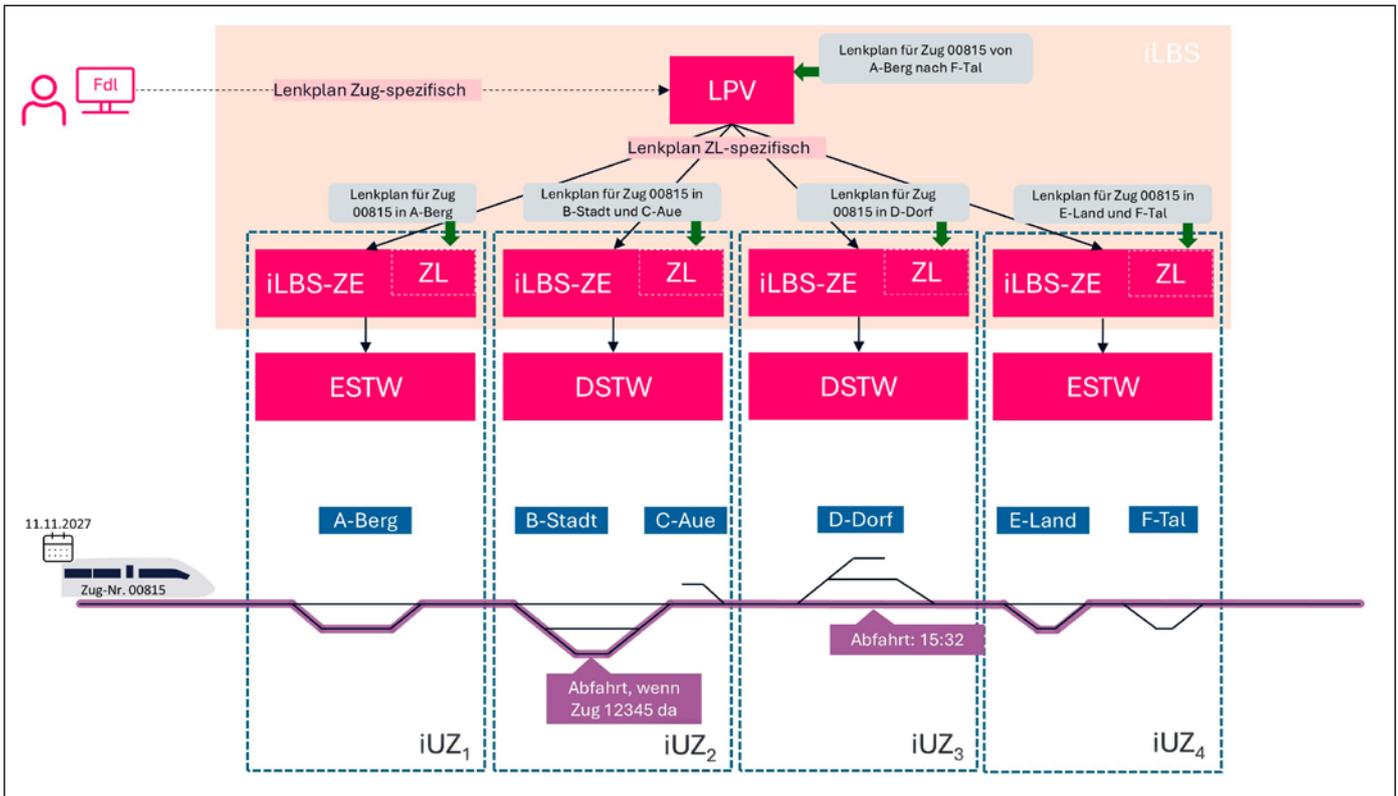


Abb. 4: Prinzip des Lenkplans

effekte des Autopiloten für Stw liegen in den Bereichen Effizienz und Qualität. Zudem können dem Autopiloten diverse Sekundäreffekte zugeschrieben werden.

Die wesentlichen, quantifizierbaren Nutzeneffekte des Autopiloten für Stw lassen sich durch ein fundiertes Betriebsverständnis ableiten. Ein Fdl erstellt und verwaltet Lenkpläne für langfristige, mittelfristige und kurzfristige Zeithorizonte. Langfristig muss der Jahresfahrplan in das Stellwerkssystem eingegeben werden, sobald er vom Fahrplansystem empfangen wird. Unterjährig kann es mittelfristig zu Aktualisierungen des Jahresfahrplans kommen. Ursachen sind Bauarbeiten, Streckensperrungen, Änderungen der Bremsleistung von Zügen oder der Zugklasse im Vergleich zum Jahresfahrplan, die dann eine Aktualisierung des Lenkplans für die betroffenen Züge erfordern.

Kurzfristig können Störungen auftreten, die zu Abweichungen vom Fahrplan führen und Dispositionsmaßnahmen auslösen. Die geeignete Maßnahme wird zwischen Disponent und Fdl vereinbart und durch den Fdl umgesetzt (Abb. 5). Der Autopilot für Stw kann einige der manuellen Routinetätigkeiten in diesen Prozessen minimieren oder eliminieren.

#### Nutzen in Bezug auf bahnbetriebliche Effizienz

Die (Teil-)Automatisierung von manuellen Prozessen bedeutet eine Steigerung der Effizienz und eine bessere Zuweisung und Nutzung personeller Ressourcen, um dem wachsenden Schienenverkehr im deutschen Netz gerecht zu werden. Zusätzlich werden die Bahnberufe attraktiver. Die Automatisierung im Stellwerksbereich und in der Dispo-

sition ist daher eine wichtige Antwort auf den Fachkräftemangel sowie den demografischen Wandel. Die relevanten Tätigkeiten lassen sich in lang-, mittel- und kurzfristige Tätigkeiten unterteilen:

#### Langfristige Tätigkeiten

Etwa ein Jahr im Voraus müssen Fdl Lenkpläne für den Jahresfahrplan erstellen. Dabei handelt es sich um eine manuelle, repetitive Tätigkeit. Bei einer vollständigen ESTW/DSTW-Abdeckung im deutschen Schienennetz führt dies zu einem signifikanten jährlichen Zeitaufwand. Der Autopilot für Stw verfolgt das Ziel, die Generierung von Lenkplänen für den Jahresfahrplan vollständig zu automatisieren, wodurch Personalkapazitäten freigesetzt und für andere Aufgaben verfügbar gemacht werden können.

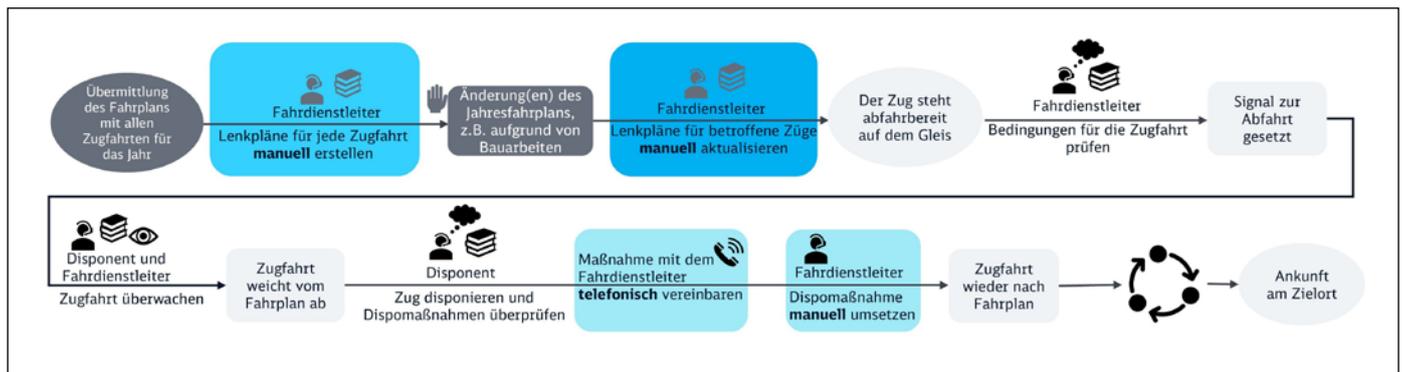


Abb. 5: Vereinfachter Beispielprozess „Durchführen einer Zugfahrt“

### Mittelfristige Tätigkeiten

Unterjährige Aktualisierungen des Jahresfahrplans, die sich auf die geplanten Ankunftszeiten oder sogar auf den Streckenverlauf auswirken, müssen vorab über das Dispositionssystem in Form von Fahrplananordnungen oder Fahrplanmitteilungen kommuniziert werden. Dies erfordert eine manuelle Aktualisierung der vorhandenen Lenkpläne für die betroffenen Züge durch den FdL. Diese Aufwände sollen durch den Autopiloten für Stw vollständig automatisiert werden, was ebenfalls deutliche Personalkapazitäten spart.

### Kurzfristige Tätigkeiten

Kurzfristige Dispositionsentscheidungen, wie beispielsweise Überholungen oder das Überspringen von Halten, lösen eine manuelle Aktualisierung der vorhandenen Lenkpläne oder eine Direktbedienung im Stw aus. Mit einer Schnittstelle zum Dispositionssystem kann in diesem Falle der größte Teil der Telefonate zwischen Disponenten und FdL minimiert werden. Außerdem müssen derzeit Dispositionsmaßnahmen sowohl im Dispositionssystem als auch im Stw eingegeben werden. Durch die Automatisierung der Schnittstelle muss die Eingabe nur noch im Dispositionssystem erfolgen. Die bisherige Doppel Eingabe im Stw entfällt. Unter Berücksichtigung der täglich anfallenden Dispositionsmaßnahmen ermöglicht die automatisierte Schnittstelle die signifikanteste Reduktion des manuellen Aufwands.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Automatisierung langfristiger manueller Prozesse einen vergleichsweise geringen Anteil an den gesamten Effizienzgewinnen ausmacht, während mittelfristige und insbesondere kurzfristige manuelle Tätigkeiten ein deutlich höheres Einsparpotenzial aufweisen. Ziel des Projektes Autopilot für Stw ist es, die genannten manuellen Prozesse der Aktualisierung von Lenkplänen vollständig zu automatisieren und dadurch Personalkapazitäten für andere Aufgaben zu schaffen.

### Nutzen in Bezug auf Betriebsqualität

Die personelle Besetzung von Stw ist eine kritische Größe im Bahnbetrieb. Bei Umsetzung der im Projekt erarbeiteten Automatisierungsvorhaben kann der Bedienbereich, den ein FdL abdecken kann, erweitert werden, ohne die Arbeitsbelastung zu erhöhen. Dies bietet die Möglichkeit, mit weniger Bediensteten den Verkehr zu steuern bzw. erhöht die Resilienz gegenüber unvorhergesehenem Personalausfall. Die Automatisierungsvorhaben führen zu einer signifikanten Reduktion der Verspätungsminuten, die durch kritische Stellwerksbesetzungen entstehen. Das trägt nachweislich zu verbesserter Pünktlichkeit und Zuverlässigkeit des Schienenverkehrs bei und verbessert die Betriebsqualität sowie die Kundenzufriedenheit.

In der herkömmlichen Umgebung mit manuellen Schnittstellen gibt es zwei Engpässe, die

sich bei Abweichungen vom geplanten Betrieb auf die Qualität auswirken können: das rechtzeitige Ermitteln optimaler Dispositionsmaßnahmen durch den Disponenten und die rechtzeitige Umsetzung dieser Maßnahmen durch den FdL. Die Anzahl der Maßnahmen, die ein FdL durchführen kann, wird durch den Zeit- und Arbeitsaufwand der manuellen Prozesse reduziert. Daher kann ein Disponent nicht alle gewünschten Dispositionsmaßnahmen umsetzen, wenn der FdL überlastet ist. Dies führt zu Beeinträchtigungen der Betriebsqualität. Durch die automatisierte Umsetzung von Dispositionsmaßnahmen ist der FdL nicht mehr der limitierende Faktor, und es können mehr Maßnahmen in derselben Zeit durchgeführt werden als bisher. Grund hierfür ist, dass die Eingabe und Validierung der Lenkpläne automatisiert durchgeführt werden kann und kein Eingriff des FdL notwendig ist. Das führt zu einer effizienteren Betriebssteuerung, da Störungen schneller behoben werden können. Infolgedessen verbessert sich die Gesamtqualität des Bahnbetriebs erheblich, was ebenfalls zu einer höheren Pünktlichkeit und betrieblichen Stabilität führt.

### Nutzen in Bezug auf Sekundäreffekte

#### Zukunftsfähigkeit für neue Technologien

Mit einem KI-gestützten Verkehrsmanagementsystem wie CTMS können nahezu in Echtzeit optimierte Dispositionsmaßnahmen vorgeschlagen werden. Um jedoch das volle Potenzial eines solchen Systems nutzen zu können, müssen diese Entscheidungen auch zeitnah im Stw umgesetzt werden können. Durch eine automatisierte Schnittstelle, wie sie hier vorgestellt wird, können in Echtzeit Lenkpläne zu den vorgeschlagenen Maßnahmen erstellt, validiert und im Stw umgesetzt werden. Durch den Autopiloten für Stw entfällt somit der Engpass der manuellen Schnittstelle, und die Prozesse sind passfähig für die Implementierung dieser Zukunftstechnologie.

Signifikante Verbesserung der Datenqualität im Dispositionssystem

Aktuell erfolgt die Datenpflege von Dispositionsmaßnahmen in zwei separaten Systemen. Aufgrund von Zeitmangel werden die Daten häufig nur im Stw aktualisiert, was zu einer geringeren Datenqualität im Dispositionssystem führt. Die Daten im Dispositionssystem dienen als Grundlage für eine Vielzahl von Folgeprozessen wie der Fahrgastinformation, der Überwachung von Zugfahrten, dem Treffen von Dispositionsentscheidungen etc. Mit dem Autopiloten ist zukünftig die Pflege der Daten ausschließlich in einem System vorgesehen, wodurch Doppel Eingaben entfallen. Das Dispositionssystem wird dabei als führendes System fungieren. Durch diese „Single Source of Truth“ wird eine signifikante Verbesserung der Datenqualität erreicht.

### Fazit

Das vorgestellte System stellt eine Grundlage für das zukünftige Kapazitäts- und Verkehrsmanagementsystem (CTMS) dar und ist ein bedeutender Schritt in Richtung einer vollständig digitalisierten und KI-gestützten Bahnsteuerung. Mit einer durchgängigen, automatisierten Schnittstelle zwischen Dispositionssystem und Stw kann bereits in der jetzigen Systemlandschaft erheblicher Nutzen erzielt werden. Zusätzlich kann das volle Potenzial neuer Technologien ausgeschöpft und die Passfähigkeit für ein zukünftiges Kapazitäts- und Verkehrsmanagementsystem (CTMS) hergestellt werden, das in kurzen Abständen optimierte Dispositionsentscheidungen generiert. Zudem verbessert die Digitalisierung die Datenqualität, indem eine zentrale, einheitliche Datenquelle geschaffen wird, die verlässliche Echtzeitinformationen für Disponenten, Fahrgäste und weitere Folgeprozesse liefert. Die Automatisierung der Schnittstelle zwischen Dispositionssystem und Stw ist somit ein entscheidender Baustein für die Bahn der Zukunft – effizienter, zuverlässiger und bestens gerüstet für die steigenden Anforderungen an den Schienenverkehr. Vor dem Hintergrund der dargelegten Einsatzmöglichkeiten und Nutzeneffekte eines Autopiloten für Stw erscheint es ratsam, die Entwicklung und Umsetzung im Sinne eines automatisierten und digitalisierten Bahnsystems weiter zu verfolgen. Dies stärkt nicht nur die Zukunftsfähigkeit der Bahn, sondern auch ihre Attraktivität als umweltfreundliches und leistungsfähiges Verkehrsmittel. ■

### QUELLEN

- [1] Sturm, I.; Vienken, G.; Söhle, A.; Hartleb, J.; Gorsane, R.; Mestiri, K. G.; Martinez, D. T.; Coyette, V.; Truong, M. T.; Küpper, M.: Künstliche Intelligenz für das Verkehrsmanagementsystem der Zukunft. In: SIGNAL+DRAHT 1+2/2024, S. 24–31
- [2] Wühr, M.; Schön, S.; Cassens, A.; Denißen, J.; Feldner, A.; Hedayati, R.; Klutwig, L.; Scheller, M.; Schmiedertöns, J.; Weng, F.: Autopilot für Stellwerke – Zug- gegen Infrastruktureigenschaften prüfen und Fahrplanänderungen automatisiert in die Steuertechnik übertragen. In: Scientific Railway Signalling Symposium 2024. S. 84–93



#### Chinenye Azubuike

Experte Digitalisierung Bahnsystem  
Digitale Schiene Deutschland  
DB InfraGO AG, Berlin  
chinenye.azubuike@deutschebahn.com



#### Arne Cassens

Projektleiter Autopilot für Stellwerke  
Digitale Schiene Deutschland  
DB InfraGO AG, Berlin  
arne.cassens@deutschebahn.com