

Yamato – neuartiger Ansatz zur Steuerung von Zugbildungsanlagen

Verknüpfung von mathematischer Optimierung und Digitalisierung für die Verbesserung der Durchführungsqualität in den Knotenpunkten des Schienengüterverkehrs

PHILIPPUS NGUYEN | MORITZ RUF |
RAINER KÖNIG | MATTHIAS SPIELMANN |
ARMIN GÜNTER

Die Technische Universität Dresden (TU Dresden) entwickelt gemeinsam mit DB Cargo AG ein Entscheidungsunterstützungssystem (EUS) für Disponierende in Zugbildungsanlagen – Yamato. Dieses stellt in Echtzeit relevante Informationen in einem Tool zusammen, bietet vorausschauende Prognosen und rückblickende Analysen. Insbesondere die realisierte Verknüpfung mathematischer Optimierung mit eisenbahnbetrieblichem Know-how bietet weitreichende Potenziale zur Steigerung der Qualität des Betriebs in Zugbildungsanlagen (ZBA). Das System wird derzeit bei DB Cargo in München-Nord als Pilot erprobt und soll noch in 2020 in mehreren ZBA als Produktivsystem ausgerollt werden.

Digitalisierung und Optimierung als Chance für die Disposition in ZBA

Die Steuerung der Knotenpunkte im Einzelwagenverkehr (EWW) obliegt den Disponierenden der ZBA. Die Disponierenden sind maßgeblich für die Sicherstellung des reibungslosen Ablaufs der Zugauflösung und Zugbildung verantwortlich. So gilt es, auf der Durchführungsebene den geplanten Betriebsablauf umzusetzen und damit die Kundenversprechen einzuhalten (Abb. 1). Während des Betriebs kann es jedoch zu Abweichungen und Störungen kommen. In dieser Situation ist es die zentrale Aufgabe der Disposition, schnellstmöglich Entscheidungen zu treffen,

die die Auswirkungen so gering wie möglich halten und zeitnah wieder einen planmäßigen Betriebsablauf herstellen.

Disposition ist zeitkritisch: Werden Entscheidungen zu spät getroffen, greifen Maßnahmen u.U. nicht und eine Betriebslage kann sich schnell verschlechtern [1, 2]. Für die Disposition stellen somit die Informationsbereitstellung zur Identifizierung von Planabweichungen sowie die Güte der Entscheidungen als auch die Dauer der Entscheidungsfindung entscheidende Aspekte dar.

Die Disponierenden, oftmals langjährig erfahrene Expertinnen und Experten, treffen ohne wesentliche IT-Unterstützung Entscheidungen, die den Betrieb über Stunden hinweg beeinflussen. Ihnen wird dadurch im gesamten Planungs- und Steuerungsprozess eine tragende Rolle zuteil. Der Dispositionsprozess ist immer noch geprägt durch ein hohes Maß an manuellen Tätigkeiten, insbesondere in der Informationsbeschaffung, -dokumentation und -weitergabe. Viele Entscheidungen werden erfahrungsbasiert mit einem hohen Anteil an Subjektivität getroffen.

Das Center for Rail Logistics (CRL), eine Forschungskooperation zwischen der DB Cargo und der TU Dresden, widmet sich seit dem Jahr 2014 der Digitalisierung und Automatisierung von Planungs- und Steuerungsprozessen in ZBA, insbesondere auch Innovationen in der Disposition [3]. Das Zielbild der Disposition zeichnet sich durch Verbesserung der Informationstechnologien mit immer mehr digitalen Informationen aus. Intelligente Dispositionssysteme werden den Disponierenden proaktiv auf Abweichungen im Betrieb hinweisen und mithilfe von modernen Algorithmen Lösungen für die jeweilige Situation vorschlagen. Eine erhöhte digitale

Transparenz der Betriebslage erlaubt die automatisierte Bereitstellung von Prognosen des Betriebsgeschehens und somit eine frühzeitige Identifikation entstehender Engpässe. Die kontinuierliche digitale Auswertung des Betriebs ermöglicht durch Feedback aus der Durchführung in die Planung einen kontinuierlichen Planungskreislauf und weiter eine Erhöhung der Robustheit in ZBA. Insgesamt können somit die Qualität und Pünktlichkeit des Betriebs in der ZBA sowie die Stabilität des gesamten Transportnetzwerkes verbessert und die Kosten für die Auflösung von ungeplanten Ereignissen reduziert werden.

Diese Zukunft wird Realität mit dem Yard Management Tool Yamato. Yamato ist ein EUS für Disponierende in ZBA und schafft eine neuartige Steuerung dieser zentralen Knotenpunkte im EWW. Das System basiert auf einer modernen Cloud-Lösung und verwirklicht damit die aktuellen Möglichkeiten in einer digitalen Plattform für die Disposition in ZBA. Das Tool unterstützt Disponierende mit passgenauen, objektiven Dispositionsvorschlägen entsprechend der aktuellen Betriebslage. Ein effizientes und intelligentes EUS stellt eine wesentliche Stellschraube dar, die Qualität der Betriebsdurchführung in ZBA und damit die Einhaltung von Kundenversprechen im EWW weiter zu steigern. Das System wird am CRL gemeinsam mit weiteren Partnern entwickelt. Ein wesentlicher Erfolgsfaktor bei der Entwicklung von Yamato ist die frühe und fortlaufende Einbindung der Anwenderinnen und Anwender der Lösung.

Dieser Beitrag gibt Einblick in die Funktionalität und Anwendung von Yamato. Dafür werden zuerst der Ansatz und die Funktionsweise des Systems erläutert. Anschließend werden die bisherigen Erfahrungen und der weitere geplante Einsatz des Systems bei DB Cargo beschrieben. Zuletzt zeigt der Ausblick weitere Entwicklungsmöglichkeiten und Anwendungsfelder auf.

Neuartiger Ansatz eines Yard Management Tools

Damit Yamato den aktuellen und zukünftigen Anforderungen der Disposition in ZBA gerecht wird, setzt sich das Tool aus insgesamt vier Services zusammen (Abb. 2):

- Informationsservice,
- Entscheidungsunterstützungsservice,
- Prognoseservice und
- Analyseservice.

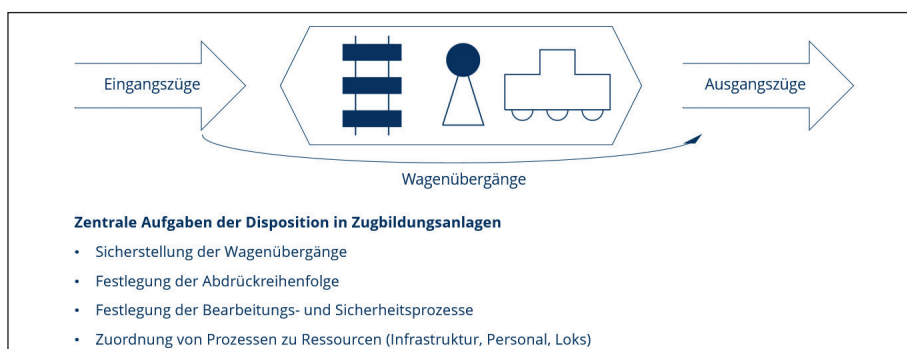


Abb. 1: Zentrale Aufgaben der Disposition in Zugbildungsanlagen (ZBA) [5]

Quelle: TU Dresden

Die Basis stellt der Informationsservice dar, welcher die Daten aus unterschiedlichen Quellen sammelt und den anderen Services bereitstellt. Entscheidend ist hierbei, dass alle relevanten Informationen für die Steuerung zentral abgelegt, konsistent und aktuell sind. Yamato wird dafür als Cloud-Lösung mit einer Microservice-IT-Architektur entwickelt, die sich einfach skalieren, warten und betreiben lässt sowie eine laufende Weiterentwicklung ermöglicht. Zentrale Informationen, die im System für die Disposition vorliegen, sind grundlegende Anlagendaten wie Gleisinfrastruktur, Fahrplandaten und Schichtbesetzungen. Darüber hinaus werden auch dynamische Daten zum Betriebsgeschehen wie Transportpläne, Prozessstatus und Zuginformationen vorgehalten. Diese hohe Anzahl an heterogenen Informationen werden aggregiert und in einer übersichtlichen Oberfläche dargestellt sowie mit einem optischen Warnsystem verknüpft, das dem Disponierenden Abweichungen und Störungen proaktiv anzeigt. Damit wird der Disponierende dabei unterstützt, schnell und einfach die jeweilige Situation in der ZBA zu erfassen. Beispielsweise werden dem Disponierenden bereits im Zulauf kritische Wagenübergänge von einem Eingangszug auf einen Ausgangszug angezeigt. Gleichzeitig dient die Informationsbasis als Ausgangspunkt für die Optimierungsfunktion des Entscheidungsunterstützungsservices. Der Entscheidungsunterstützungsservice verknüpft betriebliche Anforderungen mit den zur Verfügung stehenden Betriebsmitteln, Personal und der Infrastruktur in einer Online-Optimierung. Maßgeschneiderte Algorithmen

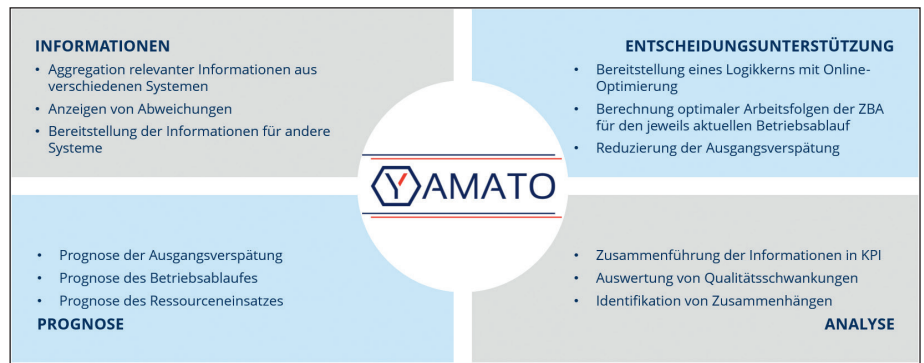


Abb. 2: Vier Services von Yamato für die Disposition von ZBA

Quelle: TU Dresden

und Standardsolver errechnen auf Knopfdruck in wenigen Sekunden einen optimalen Betriebsplan. Dieser auf die aktuelle Situation angepasste Betriebsplan empfiehlt dem Disponierenden, welche Ressource welche Tätigkeit zu welcher Zeit durchführen kann. Dies setzt eine logische Abbildung der betrieblichen Abhängigkeiten voraus, dass etwa ein Abdrückvorgang eines Eingangszugs erst nach Abschluss seines Entkuppelprozesses beginnen darf und dass hierfür eine Berglokomotive sowie örtliche Personale zur Kontrolle notwendig sind (Abb. 3). Da auf die validierten Prozessketten von Vorgängerprojekten des CRL aufgebaut wird, kann eine durchgängig digitale Datenhaltung von der Planung bis zur Durchführung ermöglicht werden [4]. Die Algorithmen erfassen das komplexe Prozessgefüge und priorisieren so beispielsweise Züge mit knappen Wagenübergängen. Durch objektive Zielfunktionen orientiert sich der

Betrieb an den Kundenversprechen unter Berücksichtigung betrieblicher Belange. Die Rechenergebnisse werden dem Disponierenden auf der Programmoberfläche angezeigt und ermöglichen eine mehrstündige Vorausschau des Betriebs. Die Disponierenden bleiben dabei in der Verantwortung und können die Vorschläge jederzeit übersteuern. Die Möglichkeit, die Prozesse einer ZBA über einen gewissen Zeitraum zu prognostizieren, stellt eine weitere Kernfunktionalität von Yamato dar und wird im Prognose-service abgebildet. Die Prognose, die auf dem Ergebnis des Optimierungsmodells beruht, kann auf Anlagenebene dafür genutzt werden, zum richtigen Zeitpunkt die passenden Betriebsmittel und Personale bereitzustellen. Für die Disponierenden ist es beispielsweise möglich, in Yamato zu erkennen, dass ein Ausgangszug aufgrund eines detektierten Schadwagens erst später abfahrbereit ist. Diese Information kann

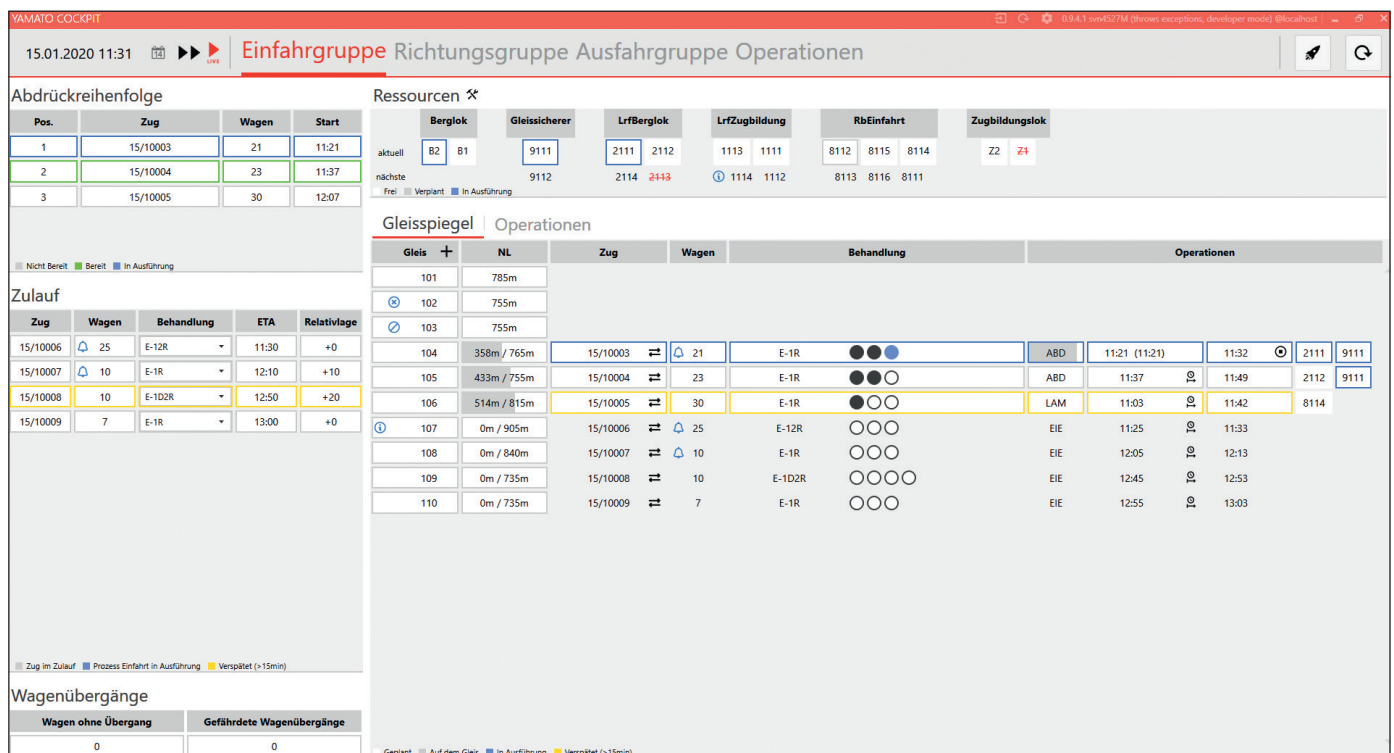


Abb. 3: Ansicht der Einfahrgruppe in Yamato

Quelle: TU Dresden

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für TU Dresden /
 Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten
 genehmigt von DW Media Group GmbH 2020

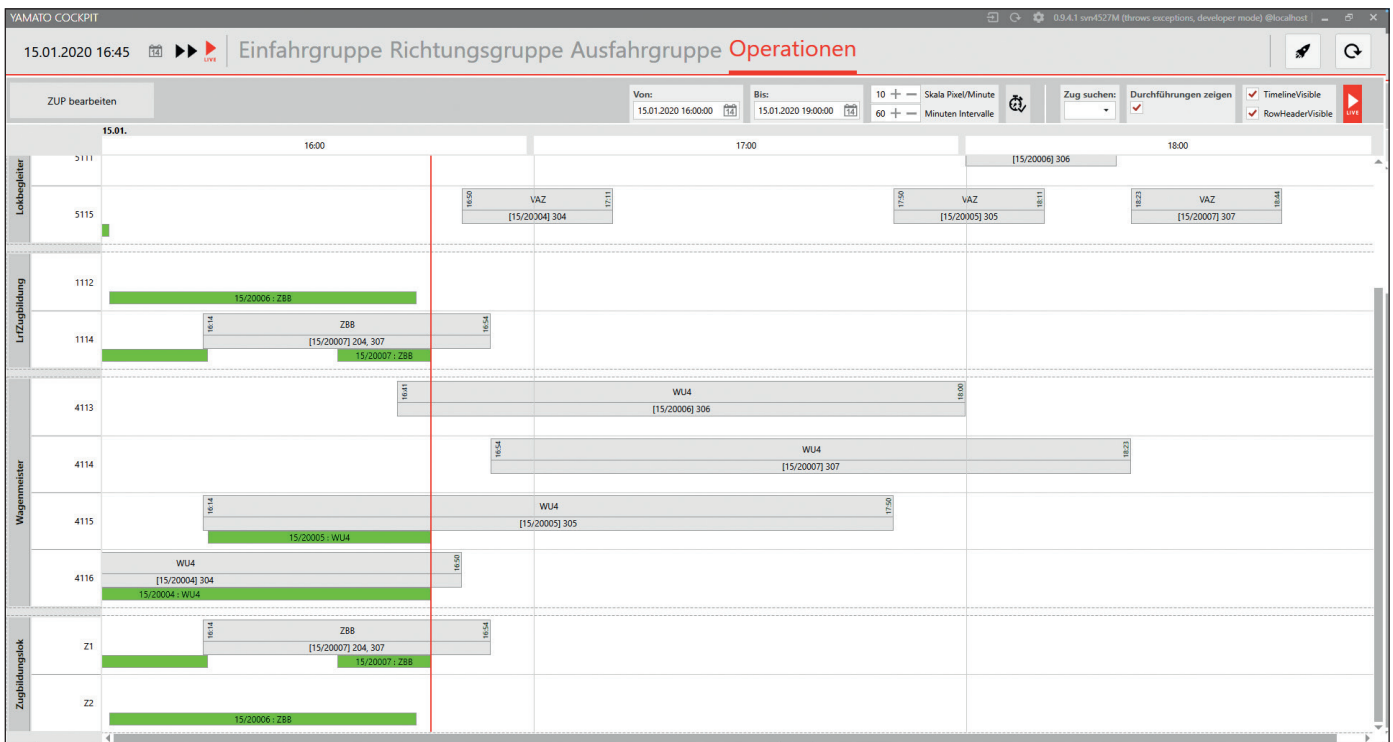


Abb. 4: Darstellung der Rangieraufträge der Ressourcen in einem Gantt-Chart

Quelle: TU Dresden

an den Streckendisponierenden weitergegeben werden, der daraufhin den Triebfahrzeugführer auf einen anderen Zug disponiert. Auf Netzwerkebene kann die Prognose dazu dienen, frühzeitig Überlastungen einzelner ZBA zu erkennen, um so Entlastungsmaßnahmen ergreifen zu können.

Die Funktionalitäten der drei beschriebenen Services münden im vierten, dem Analyseresult. Aufgrund der kompletten digitalen Abbildung und Dokumentation des Betriebs wird eine neue Qualität an Auswertungen möglich. Die kontinuierliche kennzahlenbasierte Darstellung der Ist-Situation vermittelt dem Disponierenden aggregiert das aktuelle Betriebsbild. Zudem werden die Ereignisse und Tätigkeiten der vergangenen Stunden den Disponierenden in einer übersichtlichen Gantt-Chart-Sicht bereitgestellt. Dadurch können Informationsweitergaben zwischen Disponierenden erleichtert und Informationen schichtübergreifend bereitgehalten werden (Abb. 4). In einer weiteren Ausbaustufe wird die Analysefähigkeit von Yamato um eine langfristige Auswertung von mehreren Betriebstagen und Wochen erweitert. Dies dient zum einen der Vorhaltung von Informationen zu sicherheitsrelevanten Tätigkeiten und zeitgleich zur Identifikation von systematischen Stärken und Verbesserungspotenzialen. Zum Beispiel können wiederkehrende Muster in den Schwankungen an Wagen erkannt und in der Planung mit einem angepassten Ressourcengerüst berücksichtigt werden. Damit gewinnt der gesamte Planungs- und Steuerungskreislauf des EWW an Robustheit.

Bereits jeder einzelne Service bringt Vorteile, die in ihrer Kombination jedoch nochmals potenziert werden. Insbesondere in Bezug zur verbesserten Transparenz und Entscheidungsfindung wird durch die Digitalisierung der Steuerung von ZBA ein entscheidender Beitrag für die Verbesserung des EWW geleistet.

Anwendung von Yamato bei DB Cargo

Seit 2017 werden prototypische Entwicklungsstufen von Yamato in der Disposition von der ZBA München-Nord erprobt. Das kontinuierliche Feedback der späteren Anwender hat wesentlich zu Verbesserungen in der betrieblichen Durchführbarkeit der Vorschläge sowie in der Nutzerfreundlichkeit beigetragen. Es wurden einzelne Schichten vor Ort begleitet und die Disponierenden konnten in Workshops gezielt ihre Erfahrungen in die Entwicklung einbringen. Neben der ZBA München-Nord wurden während der Entwicklung bereits früh weitere ZBA besucht und ihre Dispositionsprozesse analysiert.

Am 22. Oktober 2019 wurde der Pilot Yamato in der ZBA München-Nord vorgestellt. Er stellt Echtzeitdaten dar und visualisiert Handlungsempfehlungen des Entscheidungsunterstützungsservice. Ferner ermöglicht ein KPI-Board (Key Performance Indicator) die übersichtliche Darstellung ausgewählter Kennwerte der letzten 24 Stunden. Mit dem Piloten wurden seither weitere Tests durchgeführt und kontinuierlich das Feedback der Disponierenden aufgenommen. Dabei konnten in mehreren Schichten die Funktionsweise des Entscheidungsunterstützungsservice nachgewiesen und konkrete Vorschläge im Betrieb umge-

setzt werden. Damit ist es erstmalig gelungen, eine Online-Optimierung in einer ZBA operativ einzusetzen.

Die derzeit laufenden Entwicklungen konzentrieren sich auf die Überführung des Piloten in ein voll funktionsfähiges, robustes Produktsystem. Dieses soll noch im Jahr 2020 in ersten ZBA ausgerollt werden. In 2021 und 2022 werden weitere Anlagen folgen. Ziel ist es, alle Dispositionen der großen ZBA in Deutschland mit Yamato auszustatten. Mit Einführung des Tools in die Steuerung der ZBA wird ein Change-Process gestartet. Während die Disponierenden bisher auf ihre Erfahrung und die Informationen aus vielen verschiedenen Systemen vertrauen mussten, bündelt zukünftig ein System alle relevanten Informationen und stellt Empfehlungen bereit: Yamato. Diese neuen Möglichkeiten gilt es den Disponierenden in Trainings und Präsenzterminen näherzubringen, Feedback aufzunehmen und Widerstände abzubauen.

Das langfristige Ziel besteht darin, dass Yamato das zentrale Werkzeug für die Disponierenden der ZBA bei DB Cargo wird. Das System wird hierfür sukzessive um neue Funktionen erweitert, die bestehende Aufwände reduzieren und neue Möglichkeiten schaffen. Yamato ermöglicht es, Disponierende von Routineaufgaben zu entlasten. Sie werden dadurch befähigt, proaktiv Entscheidungen zu treffen – gestützt durch eine solide Datenbasis und fundierte Empfehlungen des Tools. Das Berufsbild des Disponierenden wird durch Konzentration auf Entscheidungen und außergewöhnliche Situationen zum Yard Manager aufgewertet.

Entwicklungspotenziale und weitere Anwendungsfelder von Yamato

Yamato schafft eine digitale Datengrundlage für die Disposition in ZBA. Der Neuigkeitswert liegt insbesondere im Optimierungskern, der durch eine objektive Steuerung der ZBA entlang definierter Zielfunktionen ein großes Potenzial zur Qualitätssteigerung birgt. Neben den bereits verfügbaren Services gibt es eine Vielzahl an möglichen Erweiterungen. Der Aufbau der zentralen Datenbank erlaubt die Nutzung der Daten für weitere Services. So sind mobile Applikationen für örtliche Mitarbeiter ein logischer nächster Schritt. Dies reduziert Missverständnisse bei der Kommunikation und ermöglicht eine direkte Prozessfassung durch die örtlichen Mitarbeiter. Eine weitere zentrale Anwendungsmöglichkeit bildet die Nutzung der künstlichen Intelligenz (KI). Um nur ein Beispiel zu nennen, könnten Muster zwischen Dis-

crepanzen von Plan- und Ist-Prozesszeit erkannt werden. Diese könnten mit Witterungsdaten gekoppelt und so mit höherem Detailgrad sowohl in der Disposition als auch in der Planung berücksichtigt werden.

Das vorgestellte EUS Yamato bildet die Grundlage dafür, einen digitalen Zwilling der ZBA zu schaffen. Dadurch kann nicht nur die täglich herausfordernde Arbeit der Disponierenden unterstützt werden, sondern das Prozessgeschehen in ZBA per se besser verstanden werden. Dies eröffnet ein weites Feld an Musterecknungen, um letztlich eine robustere Planung der Prozesse in ZBA und damit eine weitere Qualitätsverbesserung des EWW zu ermöglichen.

Mit dem Tool werden aktuelle Themen wie Digitalisierung und Optimierung und ihre Potenziale in die Disposition der ZBA gehoben und damit ein Beitrag zur Weiterentwicklung des Schienen-

güterverkehrs geleistet. Entscheidend hierfür ist die enge und vertrauensvolle Zusammenarbeit der verschiedenen Akteure aus Praxis, Forschung und Entwicklung mit dem Ziel, die Wettbewerbsfähigkeit des Verkehrsträgers Schiene mit modernen Technologien voranzubringen. ■

QUELLEN

- [1] Biederick, C.: Computergestützte Disposition im schieneengebundenen Personentransport – ein kundenorientierter Ansatz: Dissertation, Fakultät Wirtschaftswissenschaften, Universität Paderborn, 2006
- [2] Grötschel, M.; Krumke, S. O.; Rambau, J.; Winter, T.; Zimmermann, U. T.: Combinatorial Online Optimization in Real Time. In: Grötschel, M.; Krumke, S. O.; Rambau, J.: Online Optimization Of Large Scale Systems. Springer, 2001
- [3] Center for Rail Logistics, URL: <https://tu-dresden.de/bu/verkehr/ibw/bsr/die-professur/center-for-rail-logistics>, 17.04.2020 um 8:30 Uhr
- [4] Eisold, J.; Freitag, O.; König, R.: Algorithmen für die Digitalisierung des Schienengüterverkehrs – Ein Vorteil auch für Mitteldeutschland, Eisenbahntechnische Rundschau, 10/2017, S. 14-17
- [5] Ruf, M.; Hohmann, N.; König, R.; Preis, H. (2019): Towards Automated Dispatching in Classification Yards – a Holistic Approach. Beitrag zur OR 2019, 04.09.2019, Dresden



Moritz Ruf, M.Sc.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter und stellv. Leiter Center for Rail Logistics TU Dresden, Dresden
moritz.ruf@tu-dresden.de



Dr.-Ing. Matthias Spielmann

Projektleiter YAMATO
Bereich Operations
DB Cargo AG, Frankfurt a.M.
matthias.m.spielmann@deutschebahn.com



Dipl.-Wirt.-Ing. Philippus-Nam Nguyen

Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektleiter Yamato
TU Dresden, Dresden
philippus-nam.nguyen@tu-dresden.de



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Rainer König

Professur für Bahnverkehr, öffentlicher Stadt- und Regionalverkehr und Leiter Center for Rail Logistics TU Dresden, Dresden
rainer.koenig@tu-dresden.de



Dr.-Ing. Armin Günter

Program Manager Automation
Bereich Assets & Technology
DB Cargo AG, Frankfurt a.M.
armin.guenter@deutschebahn.com

Mobilität der Zukunft

IHR PARTNER FÜR STAHLLÖSUNGEN RUND UM DIE INFRASTRUKTUR

Wir bieten Ihnen innovative Lösungen und setzen für Sie wirkungsvolle Schallschutzmaßnahmen um – auch in Bereichen, in denen konventioneller Schallschutz schwierig ist.

Unser Leistungsspektrum umfasst:

- > Schallschutzwände
- > Vorsatzschalen
- > Torsionsbalken
- > Niedrige Schallschutzwände

Perfektion ist unser Anspruch – Qualität ist unsere Garantie!

infra-tec GmbH

Adolph-Kolping-Str. 9, 57627 Hachenburg
P +49 2662 94309-0, info@infra-tec.de

infra-tec
steel for mobility



www.infra-tec.de