

## Baubetriebsplanung mit MakSi-MUSE

# Mengen und Sperrzeitbedarfe ermitteln und ETCS-Abnahmefahrten planen



**Ansgar Salzwedel, Christoph Hoefert, Kay Marten Thiel und Sven Künzel**, alle DB InfraGO AG, Inbetriebnahmemanagement und Baubetrieb Projekte, Erfurt, Dresden und Leipzig

Die DB InfraGO AG steht vor dem größten Sanierungs-, Ausbau- und Digitalisierungsprogramm seit der Bahnreform. Eine neue Software unterstützt bei der Ermittlung von Mengen und Sperrzeitbedarfen für Bauleistungen sowie bei der Planung von ETCS-Abnahmefahrten.

Die baubetriebliche Anmeldung eines großen Bauprojektes ist eine inhaltlich komplexe, gewerkeübergreifende Aufgabe, die einen fachplanerischen Vorlauf erfordert. In jeder Anmeldephase erfolgt eine weitere gewerkeübergreifende Untersetzung der erforderlichen Einschränkungen der Infrastruktur. Dabei besteht eine Abhängigkeit zwischen fortschreitendem Anmeldeprozess und technischem Planungsprozess, da mit näher rückendem Baubeginn eine zunehmende Detailtiefe notwendig wird.

SB<sup>2</sup> ist seit 2024 das neue Baustellen-Management der DB InfraGO AG. Mit der Methode „Bauen im Takt“ strebt es die zwei namengebenden Ziele an: Das System zu beruhigen und die Stabilisierung des Bahnbetriebs. Dadurch sollen verlässliche Zeitfenster (Container) für Instandhaltung und investive Maßnahmen zur Verfügung gestellt werden. Das bringt die Herausforderung mit sich, die passenden Mengen und Sperrzeiten für einen größeren Bereich (Suchraum) aller Projekte unabhängig von den Gewerken zu ermitteln. Aus diesen ermittelten Bedarfen wird die Größe der Invest-Container abgeleitet und für den jeweiligen Suchraum festgelegt.

Es besteht eine große Herausforderung darin, die benötigte Detailtiefe in der Planung zum Zeitpunkt der erforderlichen baubetrieblichen Anmeldung sicherzustellen. Mit einem Vorlauf zum Fahrplanjahr der jeweiligen Sperrung von drei bis vier Jahren (Mittelfristiges Kapazitätsmanagement) bzw. fünf bis zehn Jahren (Strategisches Kapazitätsmanagement) können die Baumengen, aus denen die Sperrzeitbedarfe abgeleitet werden, oft nicht auf Grundlage einer technischen Planung ermittelt werden. Da beispielsweise bei Stellwerksprojekten mit Innovationsanteil die technische Planung erst zu einem späteren Zeitpunkt im Anmeldeprozess vorliegt, muss ein alternatives Vorgehen entwickelt werden, das auf große räumliche Bereiche angewendet werden kann.

## Projekt zur Software-Entwicklung

Im Jahr 2021 begann die Zusammenarbeit mit der BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt GmbH aus Freiburg, die u. a. die bei der DB InfraGO AG genutzte Softwareplattform MakSi-Web betreut. Darin sind verschiedene Web-basierte Tools rund um Bauplanung, Infrastrukturpflege und Datenanalyse zusammengefasst.

Zunächst erarbeitete das Planungsteam der Abteilung Inbetriebnahmemanagement und Baubetrieb Projekte (I.ITR 22) der DB InfraGO AG eine Aufstellung der relevanten Faktoren. Darauf aufbauend wurde gemeinsam mit der BVU eine neue Softwarelösung entwickelt.

Das Ziel ist die Entwicklung einer Methode zur qualifizierten Abschätzung von Mengen und Sperrzeitbedarfen für die Umsetzung der Bauleistungen und der damit verbundenen ETCS-Abnahmefahrten. Als Datengrundlage dient die bestehende Infrastruktur.

Die Software muss auf die baubetrieblichen Erfordernisse der Projekte in den frühen Anmeldephasen (Strategisches und Mittelfristiges Kapazitätsmanagement) ausgerichtet sein.

Die Software-Entwicklung ist Bestandteil von D3iP, das nachhaltige Beschleunigungseffekte durch die Einführung einer durchgängig digitalen Datenhaltung im Planungsprozess erzielt. Dies geschieht durch die Entwicklung eines standardisierten Datenmodells in Verbindung mit einer qualitätssichernden Toolkette und der Anpassung bestehender Prozesse. Die Themenfelder beinhalten die Erfassung des gesamten Prozesses (End-to-End), das Datenmanagement sowie die IT. All diese Bereiche werden ganzheitlich im Kontext des Building Information Modeling (BIM) betrachtet.

## Datengrundlagen für die Software

### ISS und DaViT-Spurplan

Die Datengrundlage für die Software ist initial die ISS-Infrastruktur (ISS-XML). Diese Daten entstammen der Exportschnittstelle des Systems DaViT-Spurplan. Der genutzte DaViT-Spurplan hat einen fahrplannerischen Ursprung und enthält nur die dafür relevanten Elemente, stellt also keinen gleichwertigen Ersatz zu einem LST-Lageplan, Lageplanskizzen der Netze o. Ä. dar. Für die baubetriebliche Bewertung und die Planung von ETCS-Abnahmefahrten werden weitere Elemente bzw. Informationen benötigt.

Die Software kann ISS-Infrastrukturen mit zusätzlichen Attributen anreichern, die nicht Teil der ISS-Infrastruktur sind. Das sind zum aktuellen Zeitpunkt Achszählpunkte und ETCS-Datenpunkte mit Baliseninformationen. Beides wurde mit Bildungsregeln (also ohne das Erfordernis realer Eingangsdaten) automatisiert ergänzt.

Angereichert werden kann nur der dargestellte Spurplan. Aufgrund der fahrplannerischen Perspektive sind Teile der Infrastruktur, beispielsweise Nebengleise in Bahnhöfen, nicht dargestellt, was vor allem für spätere Anmeldephasen stets bedacht werden muss.

### SAP für Bahnübergänge

Die in der Software angezeigten Informationen zu Bahnübergängen ergeben sich bei ISS-Infrastrukturen aus zwei Datenquellen. Die ISS-Infrastrukturdaten enthalten Informationen zur Bezeichnung von Bahnübergängen sowie deren genauer Lage auf dem Spurplan. Darüber hinaus sind zusätzliche Daten aus dem SAP R/3-Netz hinterlegt. Diese Daten enthalten Informationen zur Überwachungsart, zur Bauform und zum Technischem Platz des Bahnübergangs.

### PlanPro

PlanPro ist ein alternatives XML-basiertes Infrastrukturdatenformat, das das Standardformat für die LST-Planung der Zukunft darstellt. Im Gegensatz

zur ISS-XML sind in PlanPro-Daten Informationen zu Balisen und Achszählpunkten enthalten. Auch zu Bahnübergängen bietet PlanPro mehr Informationen als ISS, wie die Überwachungsart und die Bauform.

### MakSi-MUSE

Der 1. Teil der Software ist MakSi-MUSE, was für Makroskopische Simulation Mengen- und Sperrzeiten-ermittlung steht.

#### Methode und Vorgehensweise

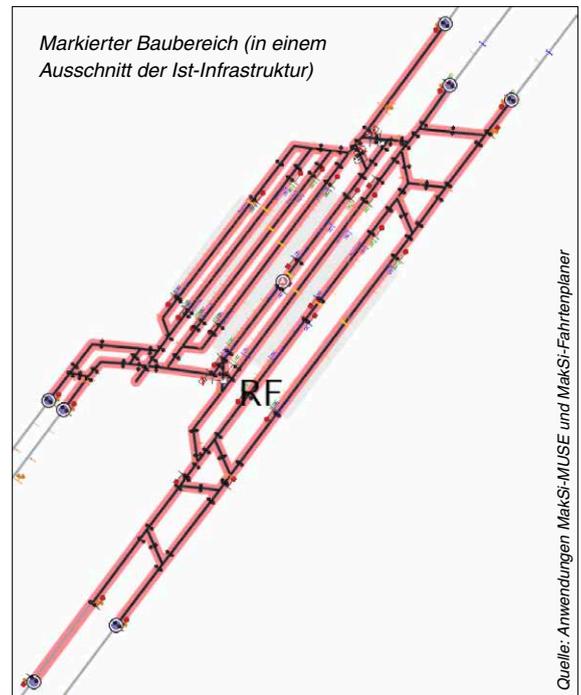
MakSi-MUSE ermöglicht auf Basis der Ist-Infrastruktur der DB InfraGO AG eine qualifizierte Abschätzung der Baumengen und, daraus abgeleitet, der Sperrzeitbedarfe vorzunehmen. Dies erfolgt über eine Delta-Betrachtung zum baulichen Zielbild der jeweiligen Maßnahme, im Ausgangsfall beispielsweise DSD Basis Release Plus. Dazu sind folgende Schritte notwendig:

1. Baubereich markieren und ggf. unterteilen
2. Vordefinierte Bauleistungen wählen und ggf. anpassen oder selbst eigene Umrüstkfälle definieren, wobei eine Unterscheidung der Tätigkeiten nach eingeisiger Sperrung (ESP) und Totalsperrung/Streckensperrung (vereinfacht für beides TSP) möglich ist und jeweils eine Annahme zur Anzahl der eingesetzten Bauspitzen getroffen wird
3. Betroffene Elemente (Bestand) im Baubereich werden ermittelt
4. Zeitlicher Aufwand für Tätigkeiten wird ermittelt
5. Sperrzeitbedarfe können auf Schichten aufgeteilt werden
6. Technische Verfügbarkeitseinschränkungen (tVE) für die Weiterverarbeitung im Portal zur Erstanmeldung (PzE) können erstellt und dorthin exportiert werden

*Betroffenheiten  
(Darstellung der im  
Baubereich liegenden  
Elemente der  
Ist-Infrastruktur)*

Zeiträume	Betroffenheiten	Arbeitsaufwand	Schichten
	<b>Name</b>	<b>Quelle</b>	<b>Bahnhof</b> <b>Strecke</b>
	Ausdehnung (Km)	Bestand (DavIT-Spurplan)	11.244    4.582
	Hauptsignale	Bestand (DavIT-Spurplan)	16    10
	Vorsignal-Funktionalität	Bestand (DavIT-Spurplan)	2    9
	Ile 14	Bestand (DavIT-Spurplan)	0    0
	Schutzsignale	Bestand (DavIT-Spurplan)	4    1
	+ Weichen	Bestand (DavIT-Spurplan)	34    0
	Kreuzungen	Bestand (DavIT-Spurplan)	0    0
	+ Bahnübergangsgleise	Bestand (DavIT-Spurplan)	0    0
	LZB-Blockkennzeichen	Bestand (DavIT-Spurplan)	8    1
	ETCS-Blockkennzeichen	Bestand (DavIT-Spurplan)	0    0
	Zugschlussstellen	Bestand (DavIT-Spurplan)	88    5
	+ Achszählpunkte	Bestand (geschätzt)	105    12
	+ Balisen		214    35

Quelle: Anwendungen MakSi-MUSE und MakSi-Fahrtenplaner

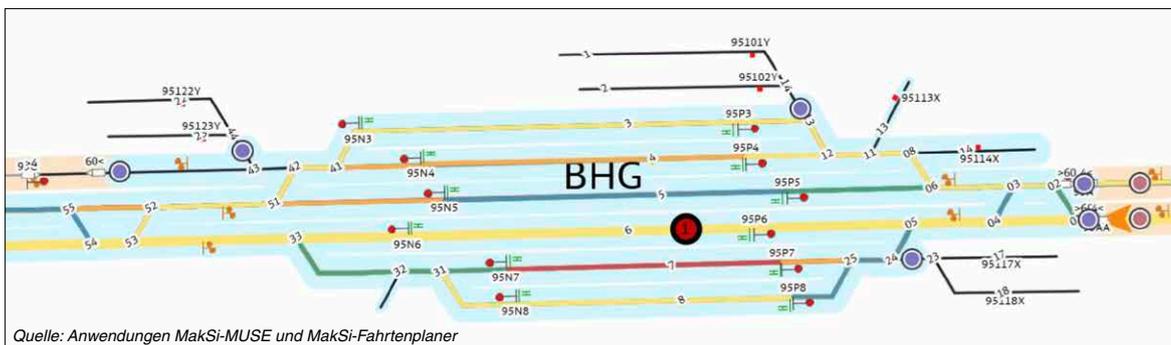


#### Entwicklung der Mengen- und Sperrzeitenermittlung

Grundgedanke ist, dass die Bauleistung aus den im heutigen DavIT-Spurplan enthaltenen Informationen abgeleitet wird. Dies geschieht immer über einen Mengenfaktor, der mit einem Wert (Anzahl [Stück] oder Ausdehnung [Kilometer]) der Ist-Infrastruktur multipliziert wird, woraus sich die zu bauende Menge (Bauleistung) ergibt.

- Beispiel a) Es wird angenommen, dass mit der ETCS-Ausrüstung die Blockabstände halbiert werden sollen. Dann ergibt sich die Anzahl der ETCS-Blockkennzeichen und der Achszähler auf der freien Strecke jeweils aus der heutigen Anzahl der Hauptsignale auf der freien Strecke, multipliziert mit dem Faktor 2,0. Die Delta-Betrachtung bestimmt dabei den Mengenfaktor und nicht den Zeitfaktor, der konstant bleibt.
- Beispiel b) Es wird angenommen, dass beim Ersatz eines mechanischen Stellwerks das Kabelgefäßsystem komplett neu gebaut werden muss, aber bei der Hochrüstung oder dem Ersatz eines älteren Elektronischen Stellwerks (ESTW) Teile des bestehenden Kabelgefäßsystems weiterverwendet werden können. Während für die Bauleistung unterschiedliche Mengenfaktoren erforderlich sind, wird die Dauer der Herstellung eines Kilometers Kabeltrog oder einer Querung als in beiden Fällen gleich angenommen.

Dabei kann die Delta-Betrachtung auch bedeuten, dass für bestimmte Leistungen der Mengenfaktor gleich Null ist, eine Leistung also nicht erforderlich ist.



Benutzeroberfläche Fahrtenplaner (Der Spurplan ist in Schwarz dargestellt, die Fahrten in einer vom Nutzer gewählten Farbe. Die zur Bearbeitung aktive Fahrt ist dick in Gelb dargestellt)

Quelle: Anwendungen MakSi-MUSE und MakSi-Fahrtenplaner

### Praxisnahe Erprobung und produktive Nutzung

MakSi-MUSE wird seit dem Strategischen Kapazitätsmanagement im Jahr 2022 produktiv für die Anmeldephasen im Strategischen und Mittelfristigen Kapazitätsmanagement genutzt. So erfolgte die qualifizierte Abschätzung von Mengen und Sperrzeitbedarfen beispielsweise auf dem Korridor Skandinavien–Mittelmeer (ScanMed) und im ETCS-Knoten Ingolstadt.

Da für die auf Basis der Sperrzeitbedarfsermittlung mit MakSi-MUSE angemeldeten Projekte die ersten technischen Planungen bisher nicht fertiggestellt wurden, konnte dahin gehend noch kein Vergleich der ermittelten Mengen erfolgen. In MakSi-MUSE kommen, wenn auch zum Teil pauschaliert, die gleichen zeitlichen Ansätze zur Anwendung, die auch bei Vorliegen einer Entwurfsplanung zu nutzen sind. Die relevante Vergleichsgröße ist somit die Bauleistung.

Anhand bereits realisierter Projekte (Schnellläuferprogramm (SLP) Speyer–Schifferstadt, ESTW Wiederritzsch) konnte nachgewiesen werden, dass die Ermittlung der Sperrzeitbedarfe mit MakSi-MUSE eine für die frühen Anmeldephasen hohe und ausreichende Genauigkeit liefert. Die für das Ergebnis relevante Genauigkeit der Mengenermittlung steigt dabei wie erwartet mit dem Detailgrad der Delta-Betrachtung.

### MakSi-Fahrtenplaner

Der 2. Teil der Software ist der MakSi-Fahrtenplaner.

#### Methode und Vorgehensweise

In der Vergangenheit wurden ETCS-Abnahmefahrten händisch geplant. Dies geschah in der Regel auf ausgeplotteten Plänen mit Farbstiften und händischer Tabelleneintragung. Anschließend wurden diese in ein Exceldokument überführt und danach an die Fahrplanabteilung zu einer ersten Fahrzeitermittlung übergeben. Es liegt auf der Hand, dass dieses Verfahren weder zeitgemäß ist noch bei einem zu erwartenden Hochlauf der abzunehmenden ETCS-Projekte in der Breite so haltbar sein wird.

Die Planung von ETCS-Abnahmefahrten umfasst dabei im Kern drei wesentliche Aspekte:

1. eine präzise Auseinandersetzung mit der abzunehmenden Infrastruktur,
2. einen hohen betrieblichen Sachverstand der Planenden und
3. eine präzise Dokumentation der ermittelten Fahrten.

#### Entwicklung des Fahrtenplaners

Vor diesem Hintergrund reiften Ideen, die Planung auf ein zeitgemäßes Softwaretool umzustellen, welches nicht nur eine Planungshilfe sein sollte, sondern in einem ersten Schritt auch die Dokumentationspflichten übernimmt und in einem möglichen weiteren Entwicklungsschritt auch ein teilautomatisiertes Planen der Fahrten zulässt.

So ist der neue Fahrtenplaner in der Lage, die abzunehmende Infrastruktur darzustellen, diese mit einem verbundenen Softwaretool notwendigenfalls auch zu bearbeiten und in diesem Tool Abnahmefahrten anzulegen und grafisch darstellen zu lassen.

Das Softwaretool übernimmt hierbei auch die wichtige Funktion der Qualitätssicherung, indem es die Abnahmeelemente selbstständig ermittelt und den Planenden der Abnahmefahrten darauf hinweist, falls Elemente noch nicht berücksichtigt sein sollten. Ebenfalls ist das Tool in der Lage, die Fahrzeitenrechnung

Abnahmeelemente		Bereiche			Status
Name	Art	Abnahmefahrt			☑ ☒ ☒ ✎
		z.B. 1, 2			
90F	Hauptsignal	7			☑
90P1	Hauptsignal	7	23	30	☑
9522	Hauptsignal	7	23	30	☑
95F	Hauptsignal	7	23	30	☑
95P6	Hauptsignal	7			☑
9523	Hauptsignal	8	41	43	☑
90AA	Hauptsignal	8	41		☑
90N1	Hauptsignal	8			☑
9035	Hauptsignal	8			☑
9037	Hauptsignal	8			☑

Quelle: Anwendungen MakSi-MUSE und MakSi-Fahrtenplaner

Abnahmeelemente

Fahrt	Szenario	Baureihe	Datum	Zugnummer	Fahrdauer (Minuten)	Anzahl Signale EoA	Wendezeit zuschlag	Fahrdauer gesamt
1		159			7,6	0	15,0	22,6
2		159			7,8	0	15,0	22,8
3		159			7,6	0	15,0	22,6
4		159			7,8	0	15,0	22,8
5		642			33,7	0	15,0	48,7
6		642			33,5	0	15,0	48,5
7		642			58,5	12	15,0	73,5
8		642			59,8	12	15,0	74,8
9		642			54,2	10	15,0	69,2
10		642			60,3	12	15,0	75,3

Excel-Export

(Quelle: Anwendungen MakSi-MUSE und MakSi-Fahrtenplaner)

mit einem beliebig gewählten Fahrzeug selbstständig vorzunehmen. Die ermittelten Ergebnisse können sowohl in Tabellenform als auch in grafischer Form exportiert werden. Damit sind diese Ergebnisse im

weiteren Verlauf der Umsetzung eines ETCS-Abnahmefahrtenkonzeptes nutzbar, z. B. während der Abnahmefahrten.

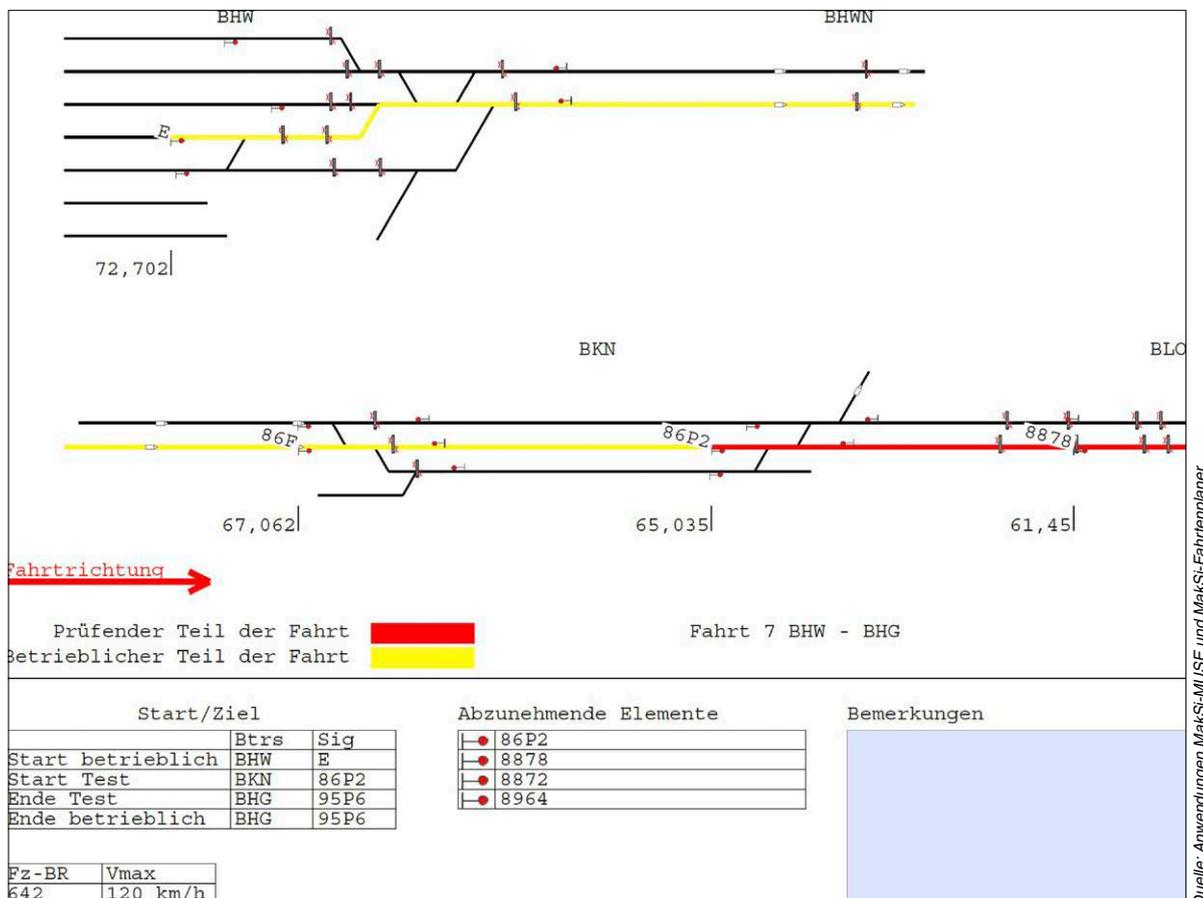
Weiterhin lag ein Schwerpunkt der jüngsten Weiterentwicklung auf der Implementierung eines Solvers, der anhand in das Softwaretool einprogrammierter betrieblicher Parameter in der Lage ist, notwendige Fahrten selbstständig zu ermitteln und mit Blick auf betrieblich einschränkende Faktoren wie Inanspruchnahme von Infrastruktur- und Fahrzeugkapazitäten eine möglichst betriebsverträgliche Lösung zu finden.

Praxisnahe Erprobung und produktive Nutzung

Das Tool konnte bereits in den ersten Projekten praktisch zur Anwendung gebracht werden: so wurden die ETCS-Abnahmefahrten sowohl für die Riedbahn als auch für Teile des Korridors Rhine-Alpine mit Hilfe des Fahrtenplaners geplant und die aus dem Tool generierten Dokumente in der praktischen Umsetzung verwendet. Eine Vielzahl weiterer Projekte, darunter auch der digitale Knoten Stuttgart, sind derzeit in Vorbereitung.

Hierbei hat sich gezeigt, dass der gegenwärtige Stand der Entwicklung bereits ausreichend ist, um Projekte unter Realbedingungen erfolgreich mit dem Tool zu

Grafischer Export



Quelle: Anwendungen MakSi-MUSE und MakSi-Fahrtenplaner

begleiten. So konnten die geforderten Abnahmekonzepte in angemessener Zeit mit geringerem Personaleinsatz als früher und in höherer Qualität bereitgestellt werden.

Erste Erprobungen des Solvers verliefen vielversprechend und insbesondere im Bereich der betrieblich noch wenig konkreten ersten Zeitbedarfsabschätzung für Abnahmefahrten in frühen Projektstadien trägt die geleistete Entwicklungsarbeit für das solverbasierte Verfahren bereits Früchte, da zeitliche Mengenabschätzungen bereits jetzt in kürzester Zeit mit nur sehr geringem Personalaufwand an die Projekte ausgeliefert werden können.

### Ausblick und Fazit

Die gegenwärtigen Entwicklungen konzentrieren sich auf die kontinuierliche Verbesserung der Software. Es werden die Bedienmöglichkeiten sukzessive intuitiver gestaltet und fehlende Funktionalitäten ergänzt. Ferner wird die Übersichtlichkeit des Tools optimiert.

Entwicklungsbedarfe hinsichtlich des Solvers im Fahrtenplaner zu einer durchgängigen Nutzbarkeit bis hin zur Projektrealisierung bestehen noch in der Ausgestaltung und Implementierung betrieblicher Parameter für kompliziertere örtliche Verhältnisse. Außerdem ist die Nutzung von PlanPro-Infrastrukturen im Fahrtenplaner zu ermöglichen.

Mit MakSi-MUSE ist es möglich, für große räumliche Bereiche eine qualifizierte, das heißt realistische und praxistaugliche Abschätzung der für die Umsetzung

der Bauleistung erforderlichen Sperrzeitbedarfe vorzunehmen. Durch die Digitalisierung werden Baubedarfe frühzeitig sichtbar. Zudem ergeben sich erhebliche Qualitäts- und Beschleunigungseffekte bei der baubetrieblichen Anmeldung und bei den ETCS-Abnahmefahrten. ■

#### Informationen für Interessenten und Anwender

Mitarbeiter der DB InfraGO AG finden Informationen, Handbücher und Videos hier:



Der Zugang zu MakSi-MUSE wird über DeBI beantragt:



Die Planung von ETCS-Abnahmefahrten mit dem MakSi-Fahrtenplaner erfolgt durch die Abteilung I.ITR 22.

#### Lesen Sie auch

**Digitale LST-Planung in aktuellen Projekten**

Deine Bahn 3/2025

— Anzeige —

**ZÖLLNER**  
signal system technologies

**FÜR DIE SICHERHEIT  
DER MENSCHEN  
AM GLEIS**

atws@zoellner.de // zoellner.de

