

Weniger Komplexität für mehr Stabilität und Pünktlichkeit

Um eine Kapazitätssteigerung auf der Schiene zu erzielen, empfiehlt es sich, den Fokus zunächst auf die Betriebsstabilisierung zu legen. Dazu müssen engpassorientiert Prioritäten gesetzt und Entscheider:innen befähigt werden, kapazitätsorientierte Entscheidungen zu treffen. Viele der zusammengetragenen Maßnahmen münden in einer konsequenten Minimierung der Komplexität in Infrastruktur, Fahrplan und Betrieb.



Motivation und Projekthintergrund

Eine Steigerung der Verkehrsleistung auf der Schiene geht mit einer höheren Belastung des bestehenden Netzes einher, da sich die infrastrukturellen Kapazitäten durch Neu- und Ausbau mittelfristig nur schwer steigern lassen [1]. Um dieser Herausforderung gerecht zu werden, sind grundlegende Veränderungen erforderlich, die die Attraktivität und Stabilität des Systems Bahn langfristig gewährleisten. Ziel des DZSF-Projekts „Optimierung der bestehenden personellen, fahrzeugseitigen und infrastrukturellen Kapazitäten im Schienenverkehr“ ist es daher, innovative und gesamtheitliche Ansätze zur besseren Nutzung der vorhandenen Ressourcen zu identifizieren. Diese sollen sich durch hohe Leistungsfähigkeit, Attraktivität und Robustheit auszeichnen und den Anspruch erfüllen, ausreichende Kapazitäten bereits kurzfristig und nicht erst in Jahrzehnten bereitzustellen. Dazu gehört auch, nur das Angebot zu vermarkten, das bei angestrebter Betriebsqualität leistbar ist.

Das komplexe Zusammenspiel aus verschiedenen Systemelementen (Infrastruktur, Fahrzeuge und Betrieb) und den Interessen unterschiedlicher Stakeholder beeinflusst maßgeblich, wie Kapazitäten des Systems definiert, geschaffen und effektiv genutzt werden können.

Vorgehensweise

Das Projektziel besteht in der Erarbeitung eines Maßnahmenkatalogs, in dem Optimierungsmaßnahmen für die Kapazität im

Bahnsystem zusammengestellt und hinsichtlich ihres Potenzials und ihren Herausforderungen kritisch überprüft werden. Die Identifikation von Maßnahmen erfolgte zum einen im Rahmen einer Literaturrecherche, um kapazitätsrelevante Faktoren, Stakeholder im Gesamtsystem Bahn und Wirkzusammenhänge zwischen den einzelnen Systemelementen zu eruieren. Darüber hinaus wurden Interviews mit Experten aus Eisenbahninfrastruktur- und Eisenbahnverkehrsunternehmen innerhalb Deutschlands und Europa geführt, um konkrete Optimierungsmaßnahmen zusammenzustellen und mit Beispielen aus der Praxis zu ergänzen. Auch Erkenntnisse aus Japan als Beispiel für ein außereuropäisches, hochleistungsfähiges Schienennetz werden mit einbezogen. Das Projekt wird durch einen forschungsbegleitenden Arbeitskreis mit Akteur:innen aus allen Teilen des Sektors und der Politik unterstützt. Vertreten sind u. a. die Verkehrsministerien von Deutschland (BMV) und Österreich (BMIMI) sowie das Bundesamt für Verkehr (BAV) der Schweiz, die BNetzA als Regulierungsbehörde, die DB InfraGO AG als EIU, sowie EVU aus SGV, SPNV und SPFV.

Top-5-Handlungsfelder für mehr Kapazität und Zuverlässigkeit

Aus den Experteninterviews und der Literatur wurden in Summe über 150 Maßnahmen und Beispiele zusammengetragen und in elf Cluster zusammengefasst. Die in Abbildung 1 dargestellten Cluster sind dabei so gewählt, dass sie jeweils Maßnahmen mit ähnlicher Wirkung im Gesamtsystem Bahn zusammenfassen.



Marielle Gaßner

Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Verkehrswissenschaftlichen Institut der RWTH Aachen
gassner@via.rwth-aachen.de



Daniel Meurer

Verkehrsingenieur / Senior Expert bei der quattron GmbH
daniel.meurer@quattron.com



Dr. Bastian Kogel

Oberingenieur am Verkehrswissenschaftlichen Institut der RWTH Aachen
kogel@via.rwth-aachen.de



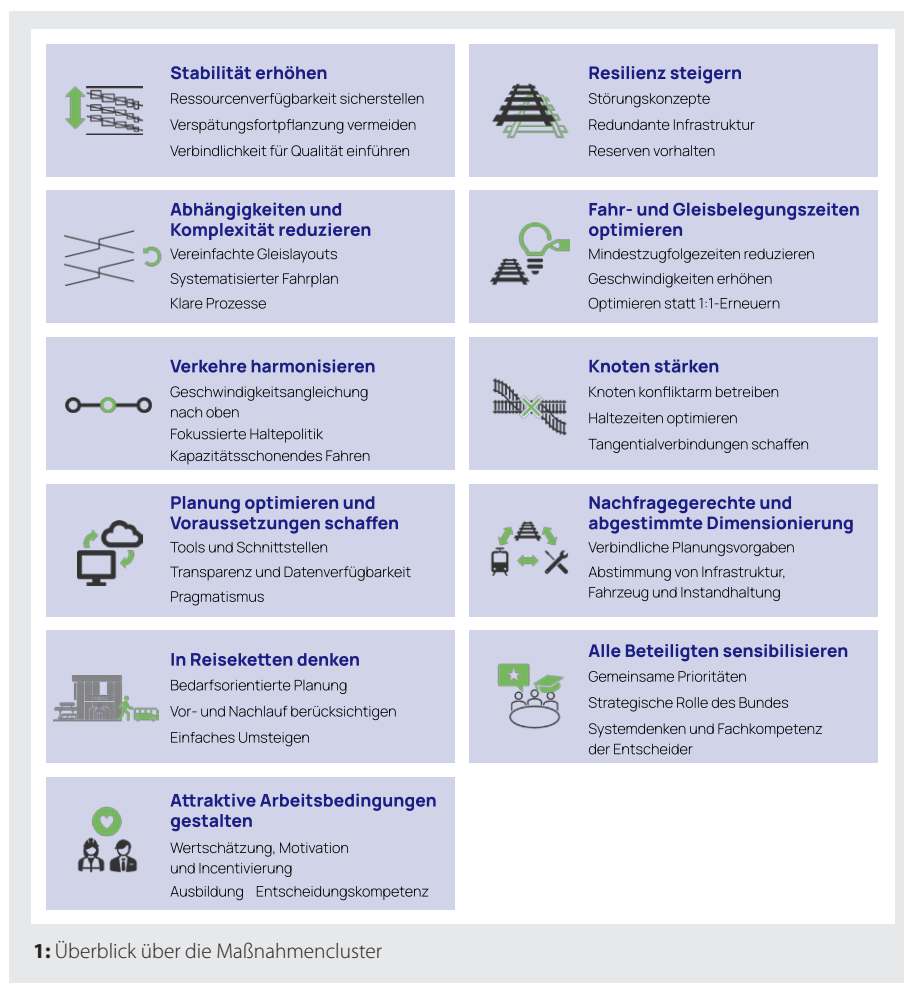
Daniel Scherrer

Geschäftsführer / Senior Consultant bei der quattron.ch GmbH
daniel.scherrer@quattron.com



Jacob Spanke

Wissenschaftlicher Referent am Deutschen Zentrum für Schienenverkehrsforschung
spankej@dzsf.bund.de



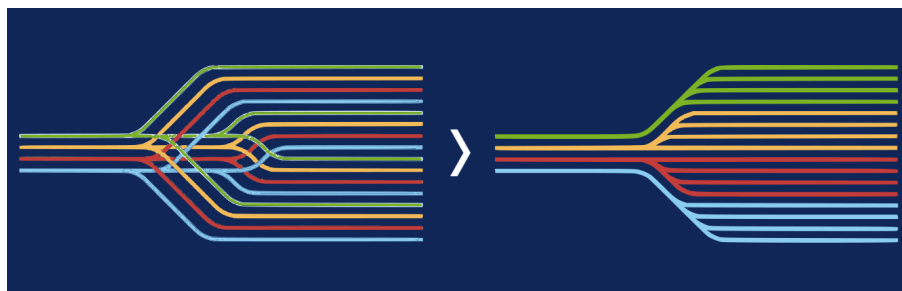
Im Folgenden werden fünf Handlungsfelder vorgestellt, welche eine Zusammenfassung der wichtigsten Maßnahmen und ihrer Wirkzusammenhänge darstellen.

Komplexität kontinuierlich reduzieren

Um eine größere Effizienz im System Bahn zu erreichen, ist es wichtig, die Komplexität gering zu halten [2]. In einem vereinfachten System können Betriebsabläufe noch gezielter optimiert werden, sodass die Zuverlässigkeit und Pünktlichkeit im System erhöht und die vorhandenen Ressourcen geschont werden. Die Verminderung der Komplexität kann insbesondere durch eine Systematisierung vorangetrieben werden. Diese umfasst beispielsweise immer gleiche Durchbindungen von Zügen sowie eine exakte zeitliche Taktstruktur. Damit können auch Bau- und Störungsfahrpläne einfacher und schneller konstruiert werden.

Eine weitere Möglichkeit zur Reduzierung der Komplexität besteht in der Vermeidung langlaufender Linien ohne geografische Logik. Diese Züge neigen dazu,

Verspätungen über die Grenzen von Netzregionen hinaus zu übertragen und beeinflussen somit die netzweite Pünktlichkeit negativ. Statt Linien, die aus einer betrieblichen Logik entstanden sind, aber keinem Verkehrsbedürfnis entsprechen, wäre es zugunsten der Betriebsqualität sinnvoll, wenige langlaufende „Masterzuglinien“ für den Nah- und Fernverkehr zu definieren und das weitere Angebot strategisch um diese herum aufzubauen. Diese Linien müssten dann betrieblich besonders stabil sein, um eine zuverlässige Anbindung zwischen größeren Ballungszentren in Deutschland herzustellen.



2: Schematische und vereinfachte Darstellung einer Entflechtung und Modularisierung im Bahnhof zur Verdeutlichung der Komplexitätsreduktion

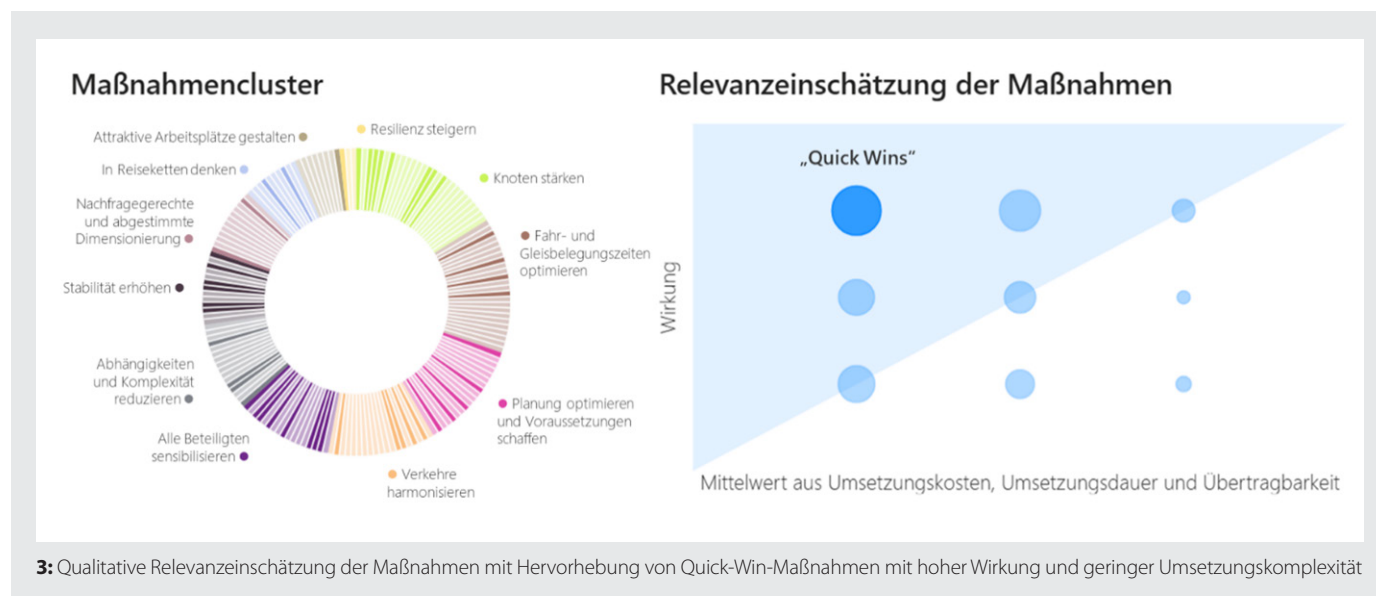
len. Um dies zu erreichen, könnten stark verspätete Züge, wie beispielsweise in der Schweiz, an besonders strategisch relevanten Orten durch pünktliche Einsatzreserven ersetzt werden, um hohe Verspätungsübertragungen zu vermeiden.

Auf vielen Relationen gibt es Doppelbedienungen durch Nah- und Fernverkehr. Diese sind verkehrlich nicht notwendig, wenn die Nachfrage entsprechend gering ist. Mit einer Anerkennung von Nahverkehrstickets in diesen Zügen wäre es möglich, das Angebot auszudünnen, sodass die freiwerdende Kapazität, insbesondere in den überbelegten Knoten, für einen anderen Zug verwendet werden kann.

Kreuzende Fahrwege reduzieren

Ein wirksamer Hebel zur Reduzierung der Komplexität ist die betriebliche Entflechtung von Verkehren, sodass Abhängigkeiten zwischen den Zügen verringert werden. Insbesondere Abhängigkeiten, die sich aus kreuzenden Fahrwegen ergeben und das Risiko einer Verspätungsübertragung erhöhen, resultieren in einer im Störfall betrieblich nur schwer zu beherrschenden Komplexität. Um kreuzende Fahrwege zu vermeiden, müssen infrastrukturelle und betriebliche Maßnahmen ineinandergreifen. Dies umfasst zum einen die Optimierung von Gleislaysouts, wie sie verstärkt in den Niederlanden oder Japan vorgenommen werden (vgl. Abbildung 2). Zum anderen ist das Denken in „Korridoren“ für die Durchbindung in Bahnhöfen und eine entsprechende Gestaltung von Linienvorläufen erforderlich. Dadurch können insbesondere Knoten und deren Zufahrten effizienter genutzt werden.

Die Umsetzung einer betrieblichen Entflechtung erfordert teilweise erhebliche Investitionen und einen entsprechenden Planungsvorlauf. Um das Netz langfristig möglichst kreuzungsarm zu gestalten, müssen daher schon heute die finanziellen



Voraussetzungen, beispielsweise für Überwerfungsbauwerke oder zweigleisige Abzweigungsausbauten, geschaffen werden.

Haltepolitik optimieren

Häufige Zwischenhalte weisen im Vergleich zu konstant fahrenden Zügen durch Brems-, Halte- und Anfahrzeiten einen hohen Kapazitätsverbrauch auf. Dieser betrifft i. d. R. die Haltepunkte des Regionalverkehrs ohne Überholmöglichkeit, insbesondere dann, wenn es keine schnellen Weichen gibt, die minimale Zugfolgezeiten ermöglichen. Um den Kapazitätsverbrauch zu optimieren, sollte geprüft werden, an welchen Stellen einer Linie Halte auslassen oder alternierend bedient werden können. Die so gewonnene Kapazität kann zur Betriebsstabilisierung oder, im Falle einer hohen Nachfrage, zur Erhöhung der Zuganzahl genutzt werden. Da eine angepasste Haltepolitik häufig mit politischen Widerständen verbunden ist, ist es von hoher Bedeutung, einen konstruktiven Dialog zwischen Planern und Kommunen zu etablieren und alternative Mobilitätskonzepte auszuarbeiten. Dabei sollten u. a. die vorliegende Nachfrage, die raumplanerische Relevanz, das vorhandene Angebot und mögliche Alternativen sorgfältig abgewogen werden. Es ist außerdem essenziell, dass Alternativen auf einem aus Reisendensicht hohen Qualitätsniveau umgesetzt werden, wie beispielsweise hochwertige regionale Busangebote, die eine flächendeckende Anbindung an den schnelleren Schienenverkehr ermöglichen. Grundsätzlich ist es auch möglich, dass solche Kon-

zepte das ÖPNV-Angebot sogar verbessern und Reiseketten beschleunigt werden (z. B. Bushaltestelle ist näher als Bahnhof und anschließender RE ist schneller als bisherige S-Bahn) [3].

Auch im Verspätungsfall kann eine optimierte Haltepolitik einen Beitrag leisten: Neben vorzeitigen Wenden kann der situative Verzicht auf die Bedienung kleiner Haltestellen zur Stabilisierung des Betriebs beitragen. Dies wird bei der SBB bereits praktiziert [4]. Dabei sollten die ausgelassenen Halte nur eine Minderheit der Fahrgäste betreffen, sodass der Großteil der Kund:innen von einer Verspätungsreduktion profitieren kann.

Knoten nicht unnötig belasten

Hoch frequentierte Großknoten stellen oft Engpässe im Netz dar, die durch eine gebündelte Ankunft von Zügen stark belastet werden. Eine gleichmäßigere zeitliche Verteilung von Zügen im Knoten würde hingegen Gleisanlagen, Zugänge und Bahnsteige entlasten, ebenso wie eine bessere Verteilung der Reisenden auf den Bahnsteigen durch entsprechende Lenkungsmaßnahmen.

Darüber hinaus können leistungsfähige und gut erschlossene Stadtbahnhöfe die Hauptbahnhöfe kapazitiv entlasten, da sich die Nachfrage auf mehrere Bahnhöfe verteilt und die Zugfrequenz je Bahnhof reduziert wird. Dies wirkt sich positiv auf das Konfliktpotenzial zwischen Zügen und damit auch die Haltezeit und Kapazität aus. Insbesondere Kopfbahnhöfe wie Frankfurt Hbf weisen einen hohen Kapazi-

tätsverbrauch auf und profitieren von der Umlenkung (durchgehender) Verkehere auf Stadtbahnhöfe.

Aber auch in Durchgangsbahnhöfen kann die Entlastung durch Stadtbahnhöfe sehr sinnvoll sein. So stellt in Köln Hbf beispielsweise jede Fahrt mit Fahrtrichtungswechsel eine doppelte Belastung für den Engpass Hohenzollernbrücke dar. Die Zeit zum Wenden im Hbf verbraucht zusätzliche Kapazität und verlängert die Reisezeit. Würde z. B. der ICE-Verkehr aus Frankfurt Richtung Düsseldorf standardmäßig über Köln Messe/Deutz geleitet werden, würde dies eine deutliche Entlastung des Hbf darstellen.

Voraussetzung für die Umsetzung dieser Maßnahmen ist jedoch eine nachfragegerechte Dimensionierung der schienenseitigen Infrastruktur in den Stadtbahnhöfen, eine Anbindung an das Zentrum durch den Regionalverkehr und öffentlichen Stadtverkehr sowie eine Anbindung umliegender Gebiete beispielsweise durch Tangentiallinien. Neben der Berücksichtigung von Vor- und Nachlauf einer Reise muss zudem die Aufenthaltsqualität in den Stadtbahnhöfen erheblich aufgewertet werden, um die Akzeptanz der Nutzung von Stadtbahnhöfen zu steigern.

Kapazität muss Chefsache sein

Zu wissen, wie Maßnahmen im Gesamtsystem Bahn auf die Kapazität wirken, ist die Voraussetzung für eine zuverlässige Bahn. Daher ermöglicht die gezielte Sensibilisierung und Weiterbildung von Entscheidungsträger:innen und

Mitarbeiter:innen in Schlüsselfunktionen, dass faktenbasierte und kapazitätsorientierte Entscheidungen getroffen werden können. Zudem muss die Durchsetzungskraft politischer Akteur:innen hin zu einem verantwortungsvollen Umgang mit den vorhandenen Kapazitäten erhöht werden. Der freie Zugang zu relevantem Fachwissen sowie die transparente Bereitstellung von Daten (z. B. Infrastruktur- und Betriebsdaten) sind eine Grundvoraussetzung für die Analyse und Optimierung bestehender Kapazitäten. Darüber hinaus ist es sinnvoll, eine neue Kennzahl „Anzahl Kreuzungen“ für eine bessere Erfassung und Steuerung der Fahrwege einzuführen.

Strategische Perspektiven und Einschätzung der Maßnahmenrelevanz

Die fünf vorgestellten Handlungsfelder beschreiben vergleichsweise kurzfristig umsetzbare Maßnahmen zur Optimierung bestehender Kapazitäten. Um langfristige Optimierungspotenziale nutzen und die Kapazität des Systems Bahn steigern zu können, müssen kurz- und mittelfristig die notwendigen Voraussetzungen geschaffen werden, um die betriebliche Stabilität zu erhöhen. Hierzu sind insbesondere Grundlagen und eine Anpassung von Regelwerken erforderlich, die den realistischen Entwurf von einhaltbaren Fahrplankonzepten ermöglichen [5]. Darüber hinaus sollten Infrastruktur und Betrieb strategisch so weiterentwickelt werden, dass die Resili-

enz im System gesteigert werden kann. Zudem müssen Voraussetzungen für Kapazitätsoptimierung in Planung und Betrieb geschaffen werden. Die Bereitstellung verlässlicher und transparenter Datengrundlagen, Prozesse und Tools ermöglicht dabei eine rasche Variantenprüfung und fördert die Entwicklung innovativer Lösungen. Voraussetzung für Innovationen ist dabei zum einen das umfassende Systemverständnis der Mitarbeiter:innen, sodass sie die Auswirkungen ihres Handelns im Gesamtsystem verstehen können. Zum anderen müssen Freiräume für strategisches Denken außerhalb der operativen Hektik mit „Was-wäre-wenn-Ansätzen“ und eine zuverlässige Finanzierungsarchitektur mit verankerter Kapazitätserhöhung geschaffen werden.

Die innerhalb der vorgestellten Handlungsfelder und darüber hinaus ermittelten Maßnahmen adressieren unterschiedliche Zeithorizonte und Wirkungsmechanismen im System Bahn. So können sich Maßnahmen entweder direkt auf die verfügbare Kapazität auswirken, wenn es sich z. B. um Anpassungen im Fahrplan oder der Infrastruktur handelt, oder indirekt, wenn sie beispielsweise eine Prozessanpassung beschreiben, die in weiteren Schritten zu einer erhöhten Kapazität führen kann. Darüber hinaus können Maßnahmen auch die Stabilität und Resilienz des Systems erhöhen. Um effektive Handlungsempfehlungen abzuleiten, ist daher eine Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen erfor-

derlich. Zur Einschätzung der Relevanz wird im Rahmen des Projektes die Wirkung der Maßnahmen auf die Kapazität, Stabilität oder Resilienz sowie die Umsetzungs-komplexität (gemessen an Dauer, Kosten und Übertragbarkeit auf Deutschland) qualitativ auf einer Skala von 1 (gering) bis 3 (hoch) bewertet.

Abbildung 3 zeigt einen Arbeitsstand aus der Relevanzeinschätzung. Es ist ersichtlich, dass viele der zusammengetragenen Maßnahmen „Quick-Wins“ darstellen, also prinzipiell eine hohe Wirkung bei geringer Umsetzungs-komplexität aufweisen. Diese Maßnahmen sollten rasch angegangen werden.

Fazit und Ausblick

Kapazität im Eisenbahnwesen ist ein fragiles Gut, deren Verfügbarkeit ohne umsichtigen Umgang schnell reduziert wird. Um die vorhandene Kapazität nachhaltig zu sichern, muss eine Kapazitätskultur etabliert werden, die das Bewusstsein für Kapazität auch bei Entscheidern in Management und Politik schärft und die Verantwortung aller Akteur:innen im System stärkt. Die Themen „Kapazitätspotenziale“ und „Kapazitätsverschwendung“ sollten dabei im Fokus stehen und neben den Mitarbeiter:innen der Branche auch der Politik sowie den Kund:innen im Sinne der Transparenz nahegebracht werden.

Im Rahmen der bisherigen Projektlaufzeit wurde ein umfangreicher Maßnah-

Die beste Abdichtung und der beste Kabelschutz für Schienenfahrzeug-Hersteller



Zertifizierung hinsichtlich Flamm-, Rauch- und Toxizität (FST)

Spring-Fast® SL-FST – EN 45545-2 flamm- und hitzebeständig, raucharm, geringe Toxizität.

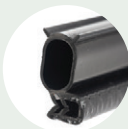
Seal-Fast – EN 45545-2 flamm- und rauchbeständig



Silikon und TPE

Spring-Fast SL-FST – TPE beständig gegen Hitze, Witterungseinflüsse und UV-Strahlung

Seal-Fast – Silikon ist flexibel, langlebig, beständig gegen Hitze, Witterungseinflüsse und UV-Strahlung.



Metallverstärkt

Spring-Fast SL-FST – Der gekapselte Stahlkern benötigt keinen Klebstoff – spart 49 % Kosten im Vergleich zu geklebten Nylon-Alternativen

Seal-Fast – Edelstahlkern sorgt für Kantenfestigkeit bei Stößen und Vibrationen.



DTI device technologies GmbH

Kostenlose Musterkits finden Sie unter [Devicetech.com/samples](https://www.Devicetech.com/samples)

DTI device technologies GmbH +49 40 350 85 128

menkatalog zusammengestellt, der einen ersten Schritt hin zu einer ganzheitlichen Optimierung der Kapazitäten im System Bahn ermöglichen soll. Die Bewertung der Maßnahmen nach Umsetzbarkeit und Wirkung stellt einen ersten Ansatz hinsichtlich ihrer Priorisierung dar. Allerdings kann dieselbe Maßnahme in verschiedenem Kontext unterschiedlich effektiv wirken. Darüber hinaus entfaltet sich das volle Potenzial oftmals nur durch eine geeignete Kombination mehrerer Maßnahmen.

Daher wird die praktische Anwendbarkeit der Maßnahmen im weiteren Projektverlauf anhand eines Showcases untersucht. Für eine Beispielinfrastruktur des deutschen Schienennetzes werden konkrete Maßnahmen ausgewählt und ihre Anwendung detailliert und fallbezogen ausgearbeitet. Die Validierung der Ergebnisse erfolgt in einem Expertenworkshop. So kann ein exemplarischer Handlungsrahmen erarbeitet werden, der Einblicke in die

Wirkzusammenhänge verschiedener Kapazitätsaspekte bietet.

Die gewonnenen Erkenntnisse sollen abschließend in Form von Empfehlungen zusammengetragen werden, sodass durch das Aufzeigen einer Vielfalt von Optimierungsmaßnahmen eine nachhaltige Verbesserung der Kapazitätsnutzung im Eisenbahnwesen erfolgen kann.

DOI 10.61067/260532

Literatur

- [1] Kogel, B., Stoll, F., Maus, M.: Eisenbahninfrastruktur zielgerichtet ausbauen – Nachfragegerechte Priorisierung von Infrastrukturmaßnahmen zur Steigerung der Kapazität. In: Internationales Verkehrswesen 76 (2024) 3, S. 16-21.
- [2] Scherrer, D.; Hofstra, K.: Mehr Kapazität mit bestehender Infrastruktur – Referat: Terminaltag Studiengesellschaft kombinierter Verkehr (SGKV), 09.11.2023.
- [3] Bründler, F.: Trafic régional ferroviaire entre Coppet et Allaman, faut-il le remettre en service? 2015.

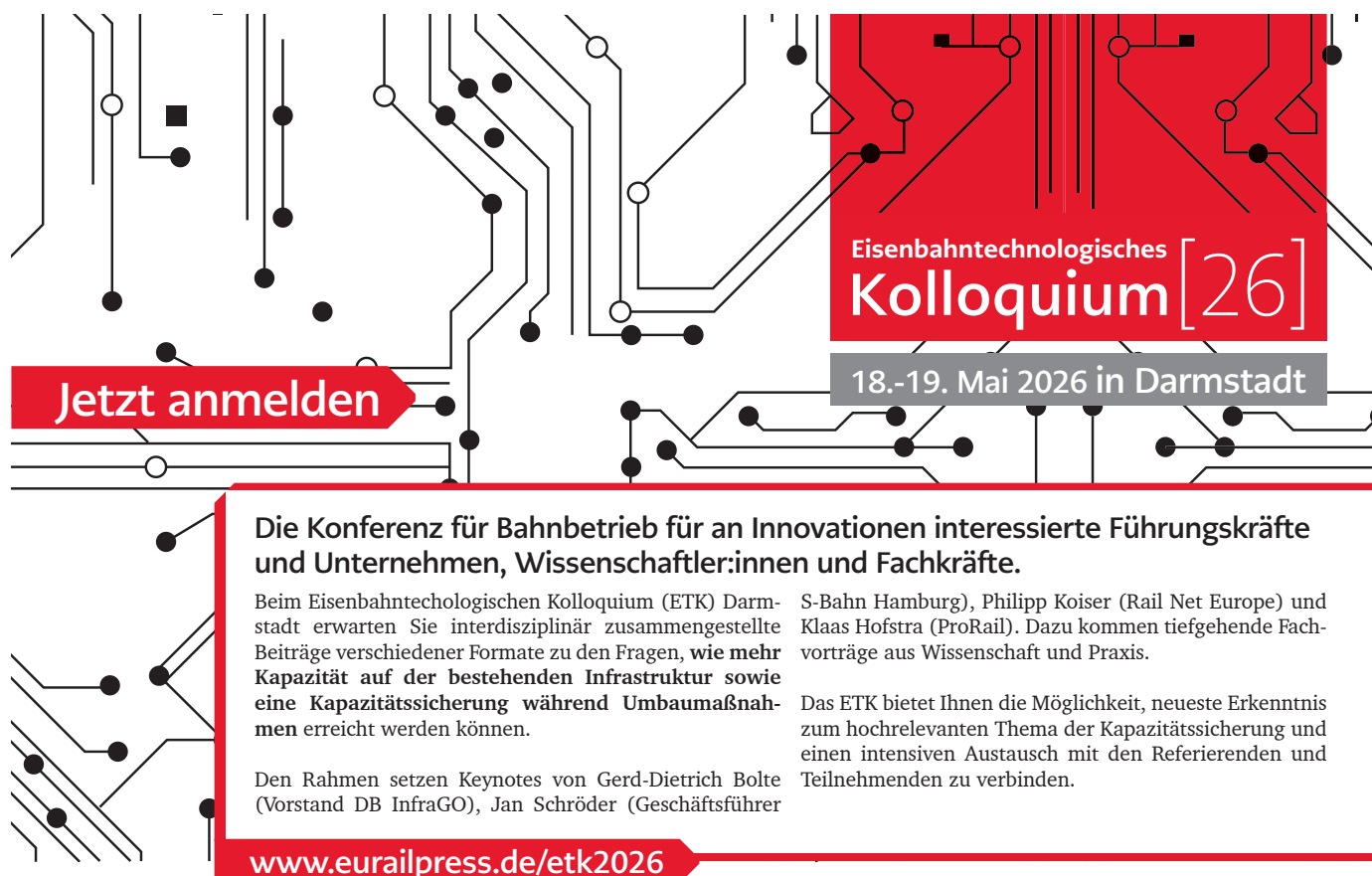
[4] SRF: SBB stoppt verspätete Züge bis zum nächsten Taktschritt. Online verfügbar unter <https://www.srf.ch/news/schweiz/neues-stoerungskonzept-sbb-stoppt-verspaetete-zuege-bis-zum-naechsten-taktschritt> (06.03.2026).

[5] Graffagnino, T., Hofstra, K., Scherrer, D.: Pünktlichkeit ist Ehrlichkeit – In: ETR – Eisenbahntechnische Rundschau 11 (2024) S. 14ff.

Summary

Reducing complexity for greater stability and punctuality

An increase in railway capacity can only be achieved through a combination of various measures across the entire rail system. Research conducted as part of a DZSF project shows that stabilising the operations is a prerequisite for increasing capacity. Key measures include reducing the complexity of the system in order to relieve the infrastructure and rising awareness among players from railway industry and politicians for the careful use of capacity.



Jetzt anmelden

Eisenbahntechnologisches Kolloquium [26]
18.-19. Mai 2026 in Darmstadt

Die Konferenz für Bahnbetrieb für an Innovationen interessierte Führungskräfte und Unternehmen, Wissenschaftler:innen und Fachkräfte.

Beim Eisenbahntechnologischen Kolloquium (ETK) Darmstadt erwarten Sie interdisziplinär zusammengestellte Beiträge verschiedener Formate zu den Fragen, **wie mehr Kapazität auf der bestehenden Infrastruktur sowie eine Kapazitätssicherung während Umbaumaßnahmen erreicht werden können.**

Den Rahmen setzen Keynotes von Gerd-Dietrich Bolte (Vorstand DB InfraGO), Jan Schröder (Geschäftsführer S-Bahn Hamburg), Philipp Koiser (Rail Net Europe) und Klaas Hofstra (ProRail). Dazu kommen tiefgehende Fachvorträge aus Wissenschaft und Praxis.

Das ETK bietet Ihnen die Möglichkeit, neueste Erkenntnis zum hochrelevanten Thema der Kapazitätssicherung und einen intensiven Austausch mit den Referierenden und Teilnehmenden zu verbinden.

www.eurailpress.de/etk2026

Veranstalter

