

# Der Dynamische Gleisstabilisator – gestern, heute, morgen

Wie sich durch den Einsatz der dynamischen Gleisstabilisierung die Verfügbarkeit erhöhen lässt und Kosten senken lassen und welches Potenzial noch darin steckt.

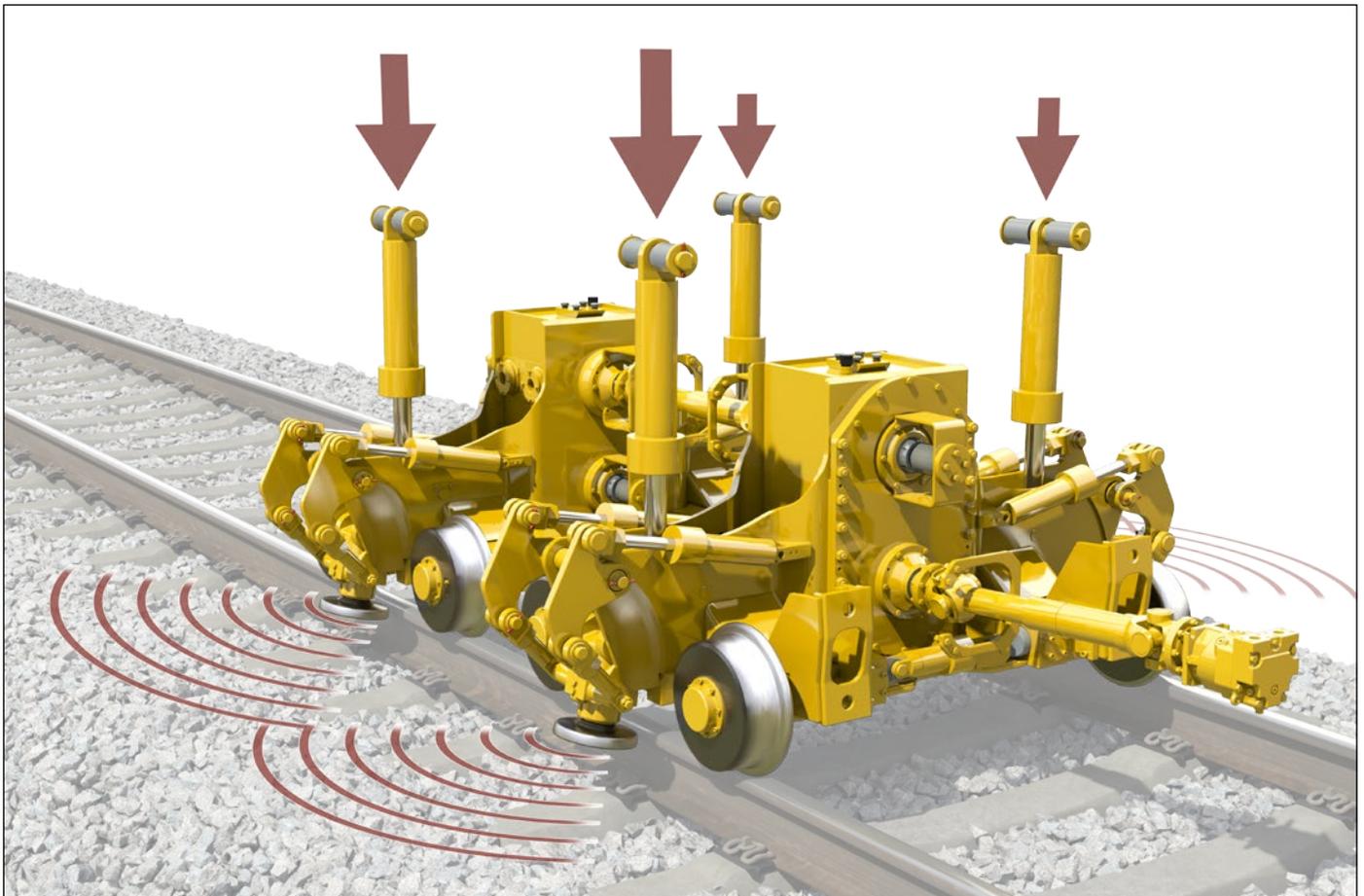


Abb. 1: Das Stabilisierungsaggregat versetzt den Gleisrost unter einer vertikalen Auflast in horizontale Schwingungen.

**BERNHARD ANTONY | HARALD DAXBERGER**

Seit der Entwicklung des Dynamischen Gleisstabilisators (DGS) Mitte der 1970er Jahre wurden international immer wieder Versuche durchgeführt, die den Nutzen für den Infrastrukturbetreiber belegen. Gleichzeitig schritt die Technik weiter voran und ermöglichte eine Integration des DGS in die Stopfmaschine. Aktuelle Forschungsergebnisse zeigen, wie das moderne Schottergleis nach wie vor vom DGS-Einsatz profitiert. Innovationen zielen darauf ab, während der Durcharbeitung zusätzliche wertvolle Informationen über den Zustand der Infrastruktur zu sammeln und die Effizienz der Aggregate weiter zu steigern.

## Einleitung

Seit den 1950er Jahren werden die Eisenbahnschienen lückenlos verschweißt. Davor wurde der temperaturbedingte Längenausgleich der Schiene durch Stoßlücken sichergestellt. Die Spannungen – aufgrund der temperaturabhängigen Längenänderung – werden beim lückenlos verschweißten Gleis über den Gleisrost (Schiene-Schienenbefestigung-Schwelle) in den Schotter abgeleitet. Für einen sicheren Eisenbahnverkehr auf lückenlos verschweißten Gleisen ist die Schotterverdichtung daher von essenzieller Bedeutung. Der maßgebende Sicherheitsfaktor ist der Querverschiebewiderstand (QVW) des Gleises. Dieser beschreibt die erforderliche Kraft, um eine Schwelle, gelöst vom restlichen Gleisrost, quer zur Gleisachse zu verschieben. Bei zu geringem QVW besteht die Gefahr des Ausknickens

des Gleises und damit die Möglichkeit einer Zugentgleisung. Gleise mit geringem QVW dürfen zudem nur mit reduzierter Geschwindigkeit befahren werden.

Direkt nach dem Neubau von Bahngleisen, dem Schottertausch oder der Schotterbettreinigung weisen Gleise einen geringen QVW und eine geringe Verdichtung auf. Auch das Stopfen zur Wiederherstellung der Gleisgeometrie beeinflusst den QVW und das zukünftige Setzungsverhalten des Gleises. Durch den Hebe- und Richtvorgang (das Gleis wird gehoben und in Richtung, Höhe und Überhöhung korrigiert) wird das ursprüngliche Korngerüst aufgebrochen und der QVW um bis zu 50 % des ursprünglichen Wertes reduziert. Obwohl der Schotter unter der Schwelle beim Stopfen verdichtet wird, führt die Verkehrsbelastung ohne Stabilisierung zu Setzungen, da



**Abb. 2:** Der erste Dynamische Gleisstabilisator. Das Stabilisierungsaggregat wurde auf einem Hänger aufgebaut.

der Schotterquerschnitt Zonen unterschiedlicher Verdichtung aufweist. Der DGS sorgt für eine homogene Verdichtung des gesamten Schotterquerschnittes. Diese künstliche Stabilisierung vergrößert den QVW und nimmt die Setzung vorweg. Durch die gerichtete Belastung bleibt jedoch die Gleislagequalität erhalten. Dazu belastet der DGS das Gleis mit einer vertikalen Auflast und versetzt es horizontal in Schwingung (Abb. 1). Dabei lagern sich die Schotterkörner um, und das Gleis ist nach der künstlichen Stabilisierung ohne Beschränkung der Geschwindigkeit befahrbar.

Alternativ kann das Gleis zur Wiederherstellung eines ausreichend hohen QVW auch mit reduzierter Geschwindigkeit befahren werden. Die durch die Verkehrsbelastung bedingte Setzung wirkt sich jedoch negativ auf die Güte der Gleislagegeometrie aus.

### Anfänge des DGS

Um den Risiken des zu geringen QVW nach Neubau oder nach dem Stopfen des Gleises zu begegnen, wurde Mitte der 1970er Jahre der erste DGS entwickelt und aufgebaut (Abb. 2). In der Folge wurden in Zusammenarbeit mit zahlreichen europäischen Eisenbahngesellschaften Versuche durchgeführt, um die Stabilisierungswirkung des DGS auf den unterschiedlichen nationalen Streckennetzen zu erproben. Bereits die ersten Untersuchungen zeigten beeindruckende Ergebnisse.

Eine Studie der Technischen Universität München (TUM) in Kooperation mit der Deutschen Bundesbahn (DB) im Jahr 1976 untersuchte die Auswirkungen horizontaler Vibration zur Verdichtung des Schotteroberbaus. Als Ergebnis

konnte dabei ein Zugewinn des QVW durch die horizontale dynamische Gleisstabilisierung in der Höhe von über 35 % gegenüber dem Wert nach dem Stopfen nachgewiesen werden [1]. Auch in den Niederlanden wurden 1978 zusammen mit der NS (Niederlande Spoorwegen) Untersuchungen zum QVW durchgeführt. Dabei wurde sogar ein Rückgewinn des QVW von 67 bis 100 % im Vergleich zum QVW nach dem Stopfen festgestellt [2]. In demselben Jahr fanden Versuche zum Setzungsverhalten des Gleises nach Einsatz des DGS in Polen zusammen mit den Staatsbahnen PKP statt. Die gemessenen Setzungen durch die dynamische Stabilisierung entsprachen einer Belastung nach 140 000 Lasttonnen (Lt) bzw. 280 000 Lt in den nicht stabilisierten Abschnitten [3]. Ein Jahr später war der DGS maßgeblich bei der Errichtung der Hochgeschwindigkeitsstrecke Paris – Lyon beteiligt [4].

Nach Einführung der kontinuierlich arbeitenden Stopfmaschinen 1983 war die technologische Grundlage gegeben, den DGS in eine Stopfmaschine zu integrieren. Die kontinuierliche Vorfahrt der Maschine und damit der Entfall des zyklischen Anhaltens ermöglichen den gleichzeitigen Betrieb der Stopf- und Stabilisierungsaggregate. Damit hinterlässt die Maschine direkt nach dem Einsatz ein gestopftes und stabilisiertes Gleis [5].

1987 zeigten Tests bei einer Neulagenstopfung, dass durch den Einsatz des DGS das Gleis direkt nach der Baumaßnahme mit einer Streckengeschwindigkeit von 200 km/h befahren werden konnte. Durch den Entfall der bis dahin nach den Sanierungsarbeiten vorgeschriebenen Langsamfahrstellen errechnete British

Rail ein mögliches Einsparungspotenzial von 20 Mio. GBP pro Jahr und investierte daraufhin in die Technologie [6].

### Weltweite Forschung rund um den DGS

Auch in der jüngsten Vergangenheit sind weltweit wissenschaftliche Arbeiten zum Einsatz und zur Wirkungsweise der dynamischen Gleisstabilisierung entstanden. Einen kurzen Einblick in die unterschiedlichen Fokusse dieser Untersuchungen geben die Forschungsberichte aus Deutschland, England und den USA.

### Abstimmung Stabilisierungsparameter auf die Oberbauform in Deutschland

Seit Einführung des DGS in den 1970er Jahren gab es in Deutschland einige Feldversuchskampagnen, mit dem Ziel, die Wirksamkeit der Technologie nachzuweisen. Über beinahe fünf Jahrzehnte hat sich zum einen der DGS weiterentwickelt, zum anderen kamen in der Eisenbahninfrastruktur auch neue Oberbauformen und Komponenten zum Einsatz. Um den Einfluss der daraus resultierenden unterschiedlichen Oberbauelastizitäten bei Verwendung des DGS im Hinblick auf die Steigerung des QVW festzustellen, hat man sich entschieden, gemeinsam mit der TUM eine groß angelegte Studie zu starten. Ziel war es, die Stabilisierungsparameter auf die jeweilige Oberbauform abzustimmen, um einen größtmöglichen Zugewinn des QVW zu ermöglichen. Im Rahmen der Studie wurden sowohl umfangreiche Feldversuche als auch Versuche im Labor durchgeführt [7]. Untersucht wurden die folgenden Standardoberbauformen der DB:

- Schwellentyp B70, mit Zwischenlage Zw687a und Schienenprofil 60 E2
- Schwellentyp B07 besohlt, mit Zwischenlage Zw1000 und Schienenprofil 60 E2.

Im Rahmen der Feldmessungen konnte erneut die äquivalente Vorwegnahme der Schotterkonsolidierung in der Höhe von zumindest 100 000 Lt bestätigt werden. Zudem wurde der Fokus auf den Effekt des DGS hinsichtlich der Verdichtung des Schotterbettes beim Neu- oder Umbau gelegt. Für den Nachweis wurden drei Abschnitte gewählt. Im ersten Abschnitt wurde im Nachgang aller Stopfgänge stabilisiert, im zweiten Abschnitt wurde der Stabilisator lediglich nach dem zweiten Stopfgang eingesetzt, und im dritten Abschnitt wurde keine Lage stabilisiert. Die Verifizierung erfolgte anhand von Messungen des QVW. Der geringste Wert konnte dabei in dem Abschnitt mit nur einem Stabilisierungsvorgang gemessen werden. In dem Abschnitt ohne Stabilisierung lagen die Werte geringfügig darüber. Die höchsten Werte des QVW wurden in dem Abschnitt festgestellt, bei dem der DGS nach jedem Stopfgang zum Einsatz kam. Hier konnte eine deutliche Erhöhung des QVW von über 30 % im Vergleich zum nicht stabilisierten Bereich gemessen werden. Zudem entwickelte sich die Gleislage in den stabilisierten Abschnitten wesentlich homogener. Zusammen-

# LAGENWEISE VERDICHTUNG DER SCHOTTERBETTUNG FÜR HÖCHSTE STABILITÄT UND DAUERHAFTIGKEIT

LOCKERGESTEINE WERDEN AM BESTEN LAGENWEISE VERDichtet UND STABILISIERT (NEULAGEN, GLEISUMBAU, BETTUNGSREINIGUNG)

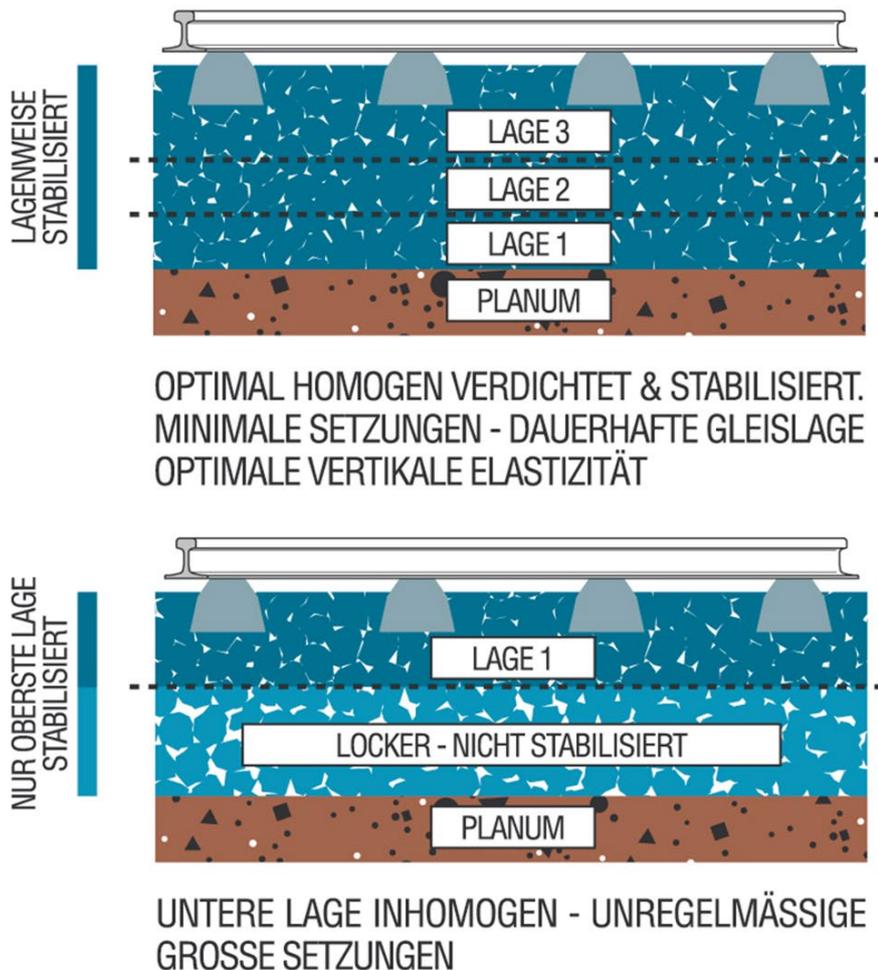


Abb. 3: Die lagenweise Verdichtung ermöglicht eine Konsolidierung des gesamten Schotterbettes

fassend kann die Empfehlung ausgesprochen werden, dass bei Verwendung des DGS dieser nach jedem Stopfgang zum Einsatz kommen sollte, um das Schotterbett homogen verdichten zu können (Abb. 3).

## Grundlagenforschung zur Weichenstabilisierung in England

In der jüngsten Vergangenheit stand der DGS auch in England auf dem Prüfstand. Der Fokus lag dabei auf dem Einsatz in Weichen und Kreuzungen. Die von Network Rail begleiteten

Versuche haben die gute Wirkung des Stabilisators auch im Weichenbereich nachgewiesen. Insbesondere in jenen Bereichen, die nicht maschinell unterstopft werden können, bietet die nachfolgende Stabilisierung einen wesentlichen Vorteil für die Schotterverdichtung und Schaffung eines homogenen Schwellenauflegers. Im Rahmen der Untersuchungen wurden die gestopften und im Anschluss stabilisierten Bereiche im Hinblick auf die Entwicklung der Gleisgeometrie über einen längeren Zeitraum beobachtet. Auch hier konnten positive Ef-

fekte festgestellt werden. Gerade der Einsatz der variablen Schlagkraft bringt in Weichen und Kreuzungen einen deutlichen Vorteil. Bei dieser Weiterentwicklung des DGS wird die Schlagkraft, also jene horizontale Kraft, mit welcher der Gleisrost zur Schwingung ange regert wird, an die Vortriebsgeschwindigkeit der Maschine angepasst und kann im Falle eines notwendigen Stillstandes sofort auf null zurückgefahren werden. Damit ergibt sich der Vorteil, dass der Schotter trotz inhomogener Vortriebsgeschwindigkeit homogen verdichtet werden kann und keine Unstetigkeit in der Gleisgeometrie auftritt. Bis zur Entwicklung der verstellbaren Schlagkraft – hier wird die Verstellung der Schlagkraft durch eine hydraulische Verstellung der Exzentrizität ermöglicht – konnte diese lediglich indirekt über die Frequenz der horizontalen Schwingungen gesteuert werden [8].

Die Schlagkraft des DGS errechnet sich wie folgt:

$$F = m \cdot e \cdot (2 \cdot \pi \cdot f)^2$$

(F = Schlagkraft, m = Masse der Exzentrizität, f = Frequenz, e = Exzentrizität)

## Literaturstudie zur Erhöhung des QVW in den USA

Im Rahmen der Literaturstudie der TTCl wurden die Ergebnisse von vier Forschungsprojekten an insgesamt sieben Versuchsorten in den USA verglichen [9]. Die Analyse der Daten zeigt, dass die Wirkung von 100 000 Lt durch den DGS auf jeden Fall erreicht, in der Regel sogar deutlich überschritten wird. So sind in den USA überwiegend Werte von über 200 000 Lt gemessen worden. Zudem konnte anhand von Studien festgestellt werden, dass sowohl der Schwellentyp als auch die Ausgestaltung der Schotterflanke hinsichtlich der Menge an Vorkopfschotter und Flankenneigung großen Einfluss auf den zu erreichenden QVW haben. Vorausblickend wird erwähnt, dass durch den Einsatz des DGS die Möglichkeit besteht, die derzeit geltenden Regularien in Bezug auf die Geschwindigkeitsbeschränkungen nach Stopfarbeiten anzupassen bzw. diese sogar völlig entfallen zu lassen.

## Zukünftige Entwicklungen

Das Ziel, das System Bahn noch effizienter zu machen, rückt auch die dynamische Gleis stabilisierung in den Forschungsfokus. Analog zur Stopfmaschine, die bei der Durcharbeitung Daten über den Zustand der Infrastruktur aufzeichnet [10], verfolgen gegenwärtige Bemühungen rund um den DGS ebenfalls das Ziel, die gewonnenen Daten auszuwerten, um auch mit dieser Technologie Rückschlüsse auf die Infrastruktur zu ziehen. Die Entwicklungen zielen darauf ab, bei der Durcharbeitung die Schienenbefestigung zu überprüfen oder Eigenschaften des Schotterbettes zu bestimmen. Dazu werden Messgrößen der Maschine-Schotter-Interaktion analysiert und Kennwerte abgeleitet, die den Zustand der Schienenbefes-

tigung oder des Schotterbettes beschreiben. Die Überprüfung der Schienenbefestigung erlaubt gezielte Instandhaltungsmaßnahmen. Eine kontinuierliche Bestimmung der Schotterverdichtung und die Bestimmung des Schotterzustandes ermöglichen in der Folge unmittelbar eine Anpassung von Auflast, Schlagkraft und Vibrationsfrequenz an den jeweiligen Zustand des Oberbaus. Damit kann die Effizienz weiter gesteigert und die Langlebigkeit der Gleislage maximiert werden. Zudem bekommt der Infrastrukturbetreiber Informationen über den Verdichtungserfolg sowie eine kontinuierliche Aufzeichnung zur Erhöhung des QVW.

Neben der Bestimmung des Schotterzustandes kann auch durch konstruktive Maßnahmen die dynamische Gleisstabilisierung noch effizienter gestaltet werden. Die aktuell in Entwicklung befindlichen Konzepte verfolgen das Ziel, den Angriffspunkt der Schlagkraft in Richtung Schwelle abzusenken und damit die Impulsübertragung in horizontaler Richtung auf die Schwelle zu verbessern. Die Umstellung auf elektrische Antriebe führt zu einer weiteren Verbesserung des Wirkungsgrades, und die Versorgung durch die Oberleitung ermöglicht, abhängig von der Erzeugung des Bahnstroms, einen CO<sub>2</sub>-neutralen Betrieb.

### Zusammenfassung

Ein verdichtetes Schotterbett und ein hoher QVW sind wesentliche Voraussetzungen für einen sicheren Betrieb der Bahninfrastruktur.

Der Schotter fixiert den Gleisrost in seiner Lage, nimmt die temperaturbedingten Spannungen der Schiene auf und überträgt sie in den Untergrund. Nach Neubau- oder Instandhaltungsarbeiten ist der QVW deutlich reduziert. Die dynamische Gleisstabilisierung ermöglicht eine sofortige Herstellung bzw. Wiederherstellung eines ausreichend hohen QVW, womit Langsamfahrstellen entfallen können und die Verfügbarkeit steigt, wodurch die Kosten des Betriebs sinken.

Die Funktionsweise des DGS wurde in umfangreichen Tests weltweit untersucht. Werden die Betriebsparameter an den Oberbau angepasst, kann auch auf modernen OberbaufORMen ein Konsolidierungsäquivalent von zumindest 100 000 Lt erreicht werden.

Lässt sich der Schotterzustand über die Auswertung der Bodenreaktionen auf die dynamische Stabilisierung bestimmen, können zukünftig Energieeintrag und Verdichtung weiter optimiert werden. Eine optimale Verdichtung sorgt für eine Streckung der Instandhaltungszyklen und senkt schließlich auch diese Kosten.

Die geplanten Steigerungen der Effizienz führen zu Energieeinsparungen und damit zu einer Senkung auch dieser Betriebskosten. Zusätzlich wird dadurch der CO<sub>2</sub>-Ausstoß reduziert. Bei Versorgung über die Oberleitung ist zudem ein gänzlich CO<sub>2</sub>-neutraler Betrieb möglich. ■

### QUELLEN

- [1] Bericht Nr. M. 2/76, Forschungs- und Versuchsabteilung, Franz Plasser Bahnbaumaschinen-Industriegesellschaft m.b.H., 1976
- [2] Bericht Nr. M 9/78, Forschungs- und Versuchsabteilung, Franz Plasser Bahnbaumaschinen-Industriegesellschaft m.b.H., 1978
- [3] Bericht Nr. M 12/78, Forschungs- und Versuchsabteilung, Franz Plasser Bahnbaumaschinen-Industriegesellschaft m.b.H., 1978
- [4] Bericht Nr. M 8/79, Forschungs- und Versuchsabteilung, Franz Plasser Bahnbaumaschinen-Industriegesellschaft m.b.H., 1979
- [5] Wenty, R.: Kontinuierliche Gleisdurcharbeitungstechnologie im internationalen Vergleich, EIK 2016
- [6] Rießberger, K.; Wenty, R.: 40 Jahre "dynamische Gleisstabilisation", EIK 2015
- [7] Feurig, S.: Experimentelle und theoretische Untersuchung zur Optimierung des Dynamischen Gleisstabilisators (DGS) im Hinblick auf eine Verbesserung der Gleislagestabilität, Dissertation 2020, Lehrstuhl und Prüfamt für Verkehrswegebau, TU München
- [8] Penfold, G.; Phillips, R.: An introduction to intelligent DTS, RI 145/2022
- [9] Wilk, S.: Literature Review: Lateral Track Resistance Testing, TTCI 2021
- [10] Barbir, O.; Pistol, J.; Antony, B.; Kopf, F.; Adam, D.; Auer, F.: Schotterzustandsanalyse mittels Stopfmaschine, EIK 2020



#### Dipl.-Ing. Bernhard Antony

Leiter  
Technologiezentrum Purkersdorf  
Plasser & Theurer, AT-Wien  
bernhard.antony@plassertheurer.com



#### Dipl.-Ing. Dr. techn. Harald Daxberger

Leiter Abteilung Research & Simulation  
Plasser & Theurer, AT-Linz  
harald.daxberger@plassertheurer.com