

# Vom Feld ins Labor – der Dynamische Gleisstabilisator auf dem Prüfstand

Die Wirksamkeit des Dynamischen Gleisstabilisators in Bezug auf den Querverschiebewiderstand wird anhand von Feldversuchen untersucht.

SOPHIE FEURIG | WALTER STAHL | STEPHAN FREUDENSTEIN | BERNHARD ANTONY | FLORIAN AUER

Ein sicherheitsrelevanter Aspekt im Eisenbahnwesen ist die Gleislagestabilität. Der Querverschiebewiderstand (QVW) ist eine geeignete Messgröße, um eine Aussage über die Gleislagestabilität zu treffen. Durch Unwuchtmassen erzeugt der Dynamische Gleisstabilisator (DGS) eine horizontale Schwingung im Oberbau sowie im Schotter. Diese Schwingung erhöht die Lagerungsdichte des Gleisschotters und wirkt sich positiv auf den QVW aus. Die Zunahme des QVW durch den Einsatz des DGS soll mit Feldmessungen quantifiziert werden, um die betrieblichen Einschränkungen in Form von Geschwindigkeitsrestriktionen nach den Stopf- und Richtarbeiten zu reduzieren.

## Einsatz des Dynamischen Gleisstabilisators

Der DGS wird in der Regel nach der Stopfmaschine eingesetzt und bewirkt eine räumliche Verdichtung des Schotterbettes. Nach über 40 Jahren des erfolgreichen Einsatzes in vielen Ländern gehört er mittlerweile zu den Standardverfahren bei der Instandhaltung des Schottergleises, in Deutschland jedoch noch nicht uneingeschränkt. Die Verwendung ist bei der Deutsche Bahn AG (DB AG) in der Richtlinie DS 820 03 15 seit 1995 geregelt. Hier heißt es, dass der DGS bei Schnellfahrstrecken und Ausbaustrecken im Zuge des ersten Stabilisierungsstopfgangs einzusetzen ist und beim zweiten Stabilisierungsstopfgang eingesetzt werden soll. Bei einer Durcharbeitung kann der DGS zur Vermeidung von Geschwindigkeitseinschränkungen eingesetzt werden. Konkret bedeutet dies, dass der Einsatz des DGS beim zweiten Stabilisierungsstopfgang nicht zwingend durchzuführen ist, sondern lediglich eine Option darstellt [1]. Weiter gibt es Einschränkungen bei dem Einsatz des DGS auf Strecken mit gleisnaher Bebauung (Abstand zur Gleisachse < 10 m) und Stahlbrücken, Gewölbebrücken sowie bei Tunneln aus Ziegel- oder Natursteinmauerwerk und unbewehrtem Beton [1].

Neben der Weiterentwicklung des DGS bilden auch neue Oberbaukomponenten mit unterschiedlichen Steifigkeiten die Ausgangslage

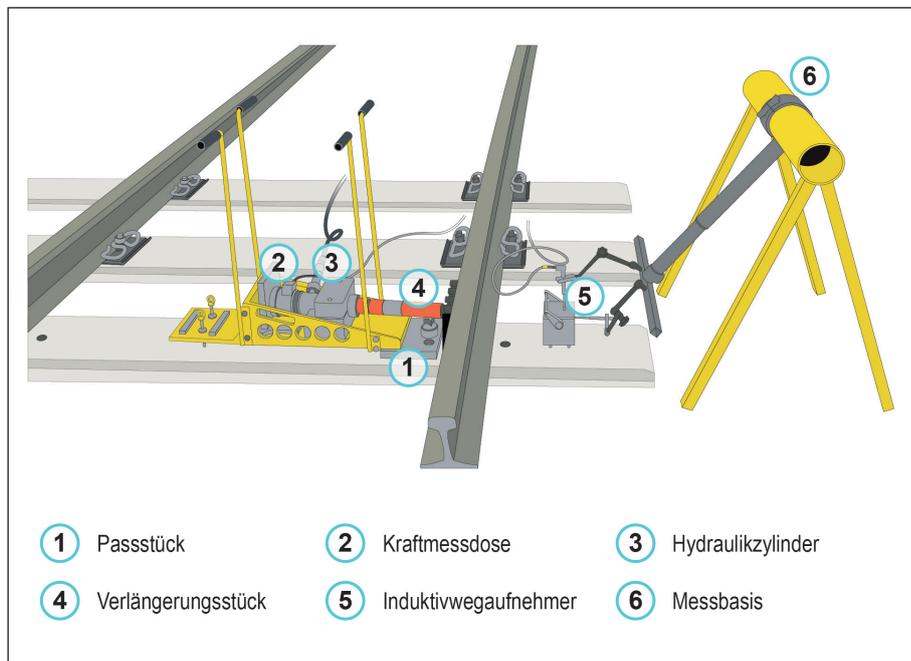


Abb. 1: Schematische Skizze des QVW-Versuchs

für eine neuerliche Untersuchung des DGS. Das Forschungsprojekt DynlaTrack, das in Zusammenarbeit des Lehrstuhls und Prüfamtes für Verkehrswegebau der Technischen Universität München (TUM) mit dem Gleisbaumaschinenhersteller Plasser & Theurer durchgeführt wird, beschäftigt sich daher mit der Optimierung des DGS-Einsatzes im Hinblick auf den QVW unter Berücksichtigung der jeweilig verwen-

deten Oberbaukomponenten. In einem ersten Schritt gilt es festzustellen, welche Qualität der QVW mit den aktuellen Standardmaschinenparametern bei den unterschiedlichen Oberbauformen erreichen kann. Neben der vielfach eingebauten Betonschwelle vom Typ B 70 mit einer relativ steifen Zwischenlage (Zw 687a) wurde die Betonschwelle B 07 mit einer weichen Zwischenlage (Zw 1000) und ei-

## ATLAS HANNOVER

### Zweiwegebagger Atlas AB 1604 ZW



- junge Maschinen
- viele Anbaugeräte  
z.B. Hammer, Schwellenfach-, Sortiergreifer ...
- regelmäßig gewartet
- Bahnabnahme
- Rückfahrkamera
- Zusatzkreislauf Stopfgerät

### Schienenscheren



**MFSRC-240**  
bis 52 kg/mtr. Schiene  
Gewicht: 2.500 kg  
Trägergerät ab 19 to.



**Vermietung,  
Verkauf und Service**

**ATLAS HANNOVER Baumaschinen GmbH & Co.**  
Bremer Straße 6  
30880 Laatzen  
Tel.: 05102/7004-32  
Fax: 05102/7004-44  
Ansprechpartner: Erik Manowski  
E-Mail: manowski@atlas.hannover.de

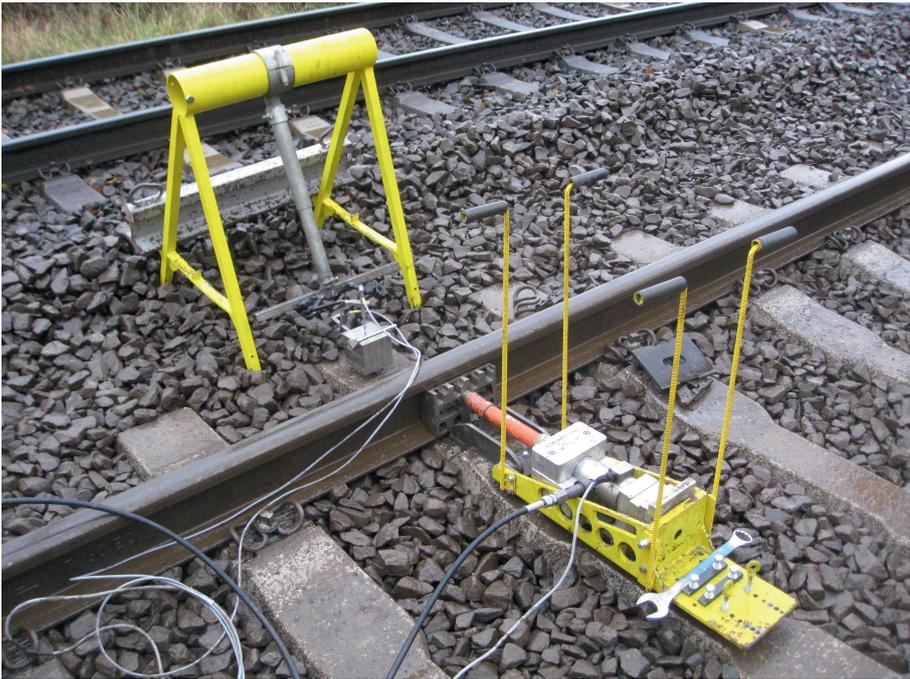


Abb. 2: QVW-Messung im Feld

Quelle: TUM, Prüfamnt Verkehrswegebau

ner Schwellenbesohlung (G02) untersucht. Die Feldmessungen im Raum Wiesloch wurden durch die DB Systemtechnik und jene im Raum Hildesheim durch das Prüfamnt für Verkehrswegebau der TUM durchgeführt. In einem zweiten Schritt bilden die Erfahrungen aus den Feldversuchen die Basis für das Konzept der Laborversuche, für die ein Großprüfstand eingerichtet wurde. Ziel dieser Untersuchung war es, bei verschiedenen Oberbauformen den Einfluss der unterschiedlichen Maschinenparameter des DGS-Aggregats auf den optimalen Zugewinn des QVW zu bestimmen.

### Der Querverschiebewiderstand

Der QVW ist der maßgebende Sicherheitsfaktor für die laterale Gleislagestabilität. Er beschreibt die notwendige Kraft in kN oder bezogen auf die Gleislänge in N/mm, um eine Schwelle lateral zu verschieben. Ist der Widerstand zu gering, kann es zu Gleisverwerfungen bzw. Gleisverdrückungen kommen. Der QVW ist eine entscheidende Messgröße zur Beurteilung der Gleislagestabilität und wurde daher zur Bewertung der Qualität des DGS bei den Feldmessungen und Laborversuchen herangezogen. Die

Messverfahren zur Bestimmung des QVW der DB Netz AG und des Prüfamtes für Verkehrswegebau variieren im Hinblick auf den Messaufbau geringfügig. Die Vergleichbarkeit der Messergebnisse wurde im Merkblatt „Lateral Track Resistance“ der International Union of Railways (UIC) auf Basis zahlreicher Vergleichsmessungen bestätigt [2]. Im Folgenden wird das Vorgehen einer QVW-Messung an einer Einzelschwelle anhand des Verfahrens, das am Prüfamnt für Verkehrswegebau entwickelt wurde, erläutert. Abb. 1 zeigt schematisch die Versuchsanordnung einer QVW-Feldmessung.

Bevor der QVW gemessen werden kann, muss die zu messende Schwelle vorbereitet werden, wofür die Schienenbefestigungen des Gleisabschnitts gelöst werden. Bei der zu messenden Einzelschwelle werden die Zwischenlagen sowie das Kleineisen/die Winkelführungsplatte entfernt. Anschließend werden die restlichen Schwellen wieder mit der Schiene verschraubt. Sie bilden durch die kraftschlüssige Verspannung mit den benachbarten Schwellen das Widerlager für den Verschiebevorgang. Der Ausbau der Zwischenlage stellt sicher, dass die zu verschiebende Schwelle während des lateralen Verschiebevorgangs keinen Kontakt zur Schienenfußunterseite hat. Für diesen Vorgang wird die Belastungseinheit auf die Schwelle zwischen den Schienen gehoben und über ein Passstück in Form der Winkelführungsplatte, das im Falle der Betonschwelle formschlüssig in die Sicke eingreift, am innenliegenden Dübel verschraubt. Die Belastungseinheit besteht aus einem Hydraulikzylinder, einer Kraftmessdose und einem Verlängerungsstück zum Verbinden mit einem weiteren Passstück im Schienensteg. Die Belastungseinheit drückt sich über die Verlängerung gegen das Passstück im Schienensteg in Höhe des Schienenschwerpunkts parallel zur Schwellenunterseite ab. Der hydraulische Zylinder wird mit einer regelbaren elektrischen Pumpe mit Druck beaufschlagt. Bei der Messung des QVW wird die Schwelle mittels des hydraulischen Zylinders kontinuierlich lateral um ca. 6 bis 10 mm verschoben. Die dazu erforderliche Kraft wird mittels einer kalibrierten Kraftmessdose aufgezeichnet. Am Schwellenende werden durch kalibrierte Induktivwegaufnehmer die laterale Verschiebung und die dabei auftretende vertikale Anhebung der Schwelle gemessen, die sich beim Verschiebevorgang einstellen. Eine unabhängige Messbasis wird meist zur abgewandten Seite der Verschieberichtung in den Vorkopfschotter positioniert. Die Messbasis wird mit einem Schienenstück stabilisiert und so im Schotter fixiert, dass ein einwandfreies Messergebnis erzielt werden kann. An der Messbasis werden die Messarme und hydraulisch fixierbare Stative befestigt, mit denen die Induktivwegaufnehmer vertikal und horizontal über einen

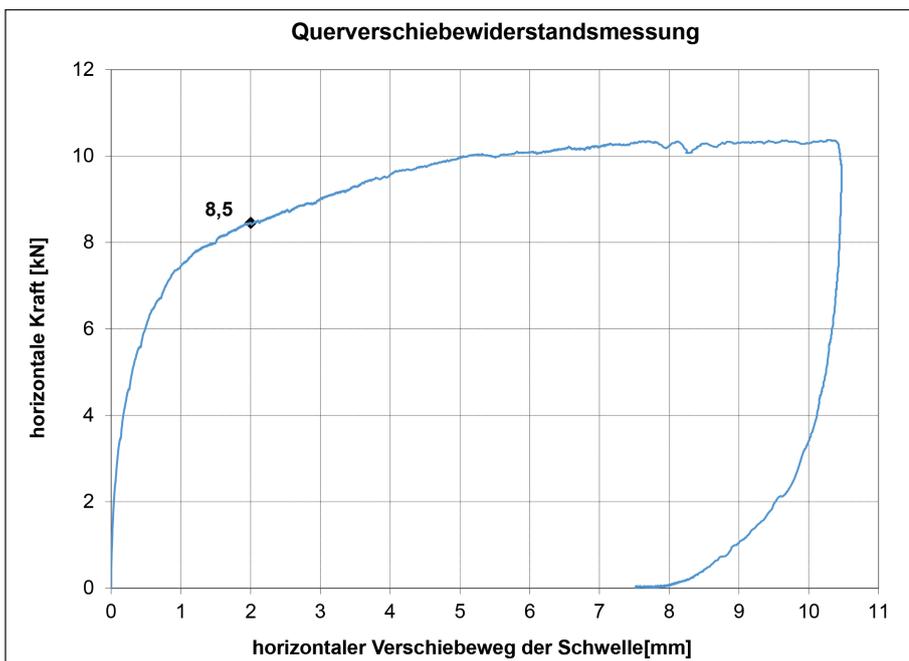


Abb. 3: QVW eines exemplarischen Messergebnisses

Quelle: TUM, Prüfamnt Verkehrswegebau

Messblock auf der Schwelle ausgerichtet werden. Der Messblock ist ein ebener, massiver Stahlblock auf dem Schwellenende. Der Aufbau des Feldversuchs ist in Abb. 2 dargestellt. Die Stromversorgung, die Messverstärker und die Datenerfassung können auf einer gleisfahrbaren Plattform untergebracht werden.

Abb. 3 zeigt einen exemplarischen Kraftverformungsverlauf einer QVW-Messung. Das Ergebnis besteht aus einer kontinuierlichen Aufzeichnung des lateralen Verschiebewegs der Schwelle und der dazu benötigten horizontalen Kraft.

In der Regel stellt sich bei den Messungen ein quasi bilinearer Kraftverformungsverlauf ein. Der maßgebende Wert für die Auswertung des QVW ist die aktivierte Kraft bei einem Verschiebeweg von 2 mm. Dieser Wert kann auf die Einzelschwelle bezogen als QVW (2 mm) in kN angegeben werden oder auf die Gleislänge bezogen werden. Auf der Grundlage des vorhandenen Schwellenabstands ergibt sich der Wert  $w$  (2 mm) in N/mm. Die Schwellen sollen im Rahmen des Versuches bis zu maximal 10 mm verschoben werden.

#### Feldmessung Wiesloch

Bei den Messungen in Wiesloch wurde der Einfluss der Planumsschutzschicht (PSS) und der lagenweisen Verdichtung des Schotterbettes auf den QVW untersucht. Da es bei dieser Strecke aufgrund von örtlichen Gegebenheiten unterschiedliche Untergrundverhältnisse gibt, bot sich die Strecke für die Feldversuche an. Für die Versuche ausgewählt wurde jeweils ein Abschnitt mit PSS und einer ohne PSS, diese wurden wiederum in drei Versuchsabschnitte unterteilt. Der jeweils erste Versuchsabschnitt galt als

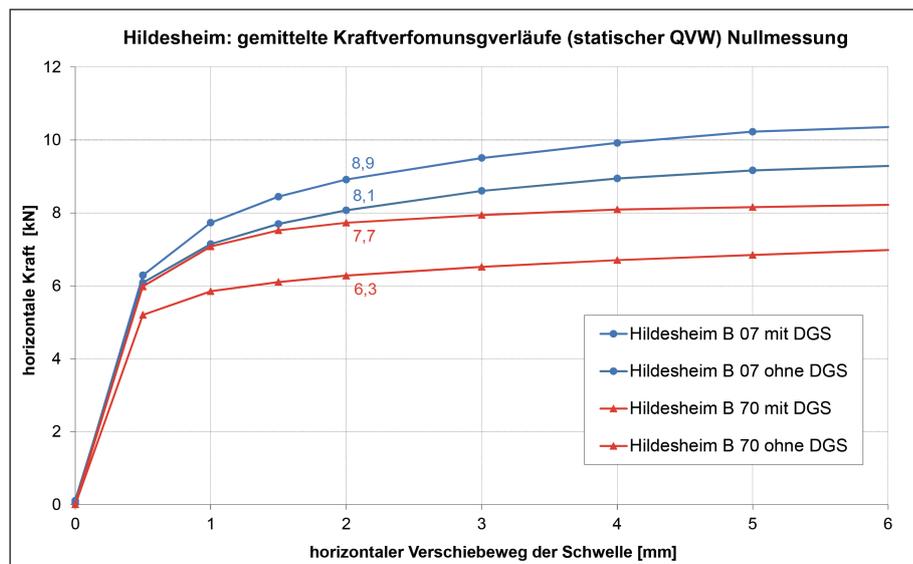


Abb. 4: Hildesheim: gemittelte Kraftverformungsverläufe (statischer QVW) nach allen Stopfgängen [4]

Quellen: TUM, Prüfamts Verkehrswegebau

Referenz, indem der DGS nicht zum Einsatz kam. Der zweite wurde nur nach dem ersten Stabilisierungsstopfgang und der dritte nach jedem Stopfgang mit dem DGS stabilisiert. Damit sich die Versuchsabschnitte nicht beeinflussen, wurden entsprechende Übergangszonen definiert. Für die Stabilisation des Gleises wurde mit einer Auflast von 80 bar und einer Stabilisierungsfrequenz von 32 Hz gearbeitet. Die Messabschnitte sind durchgehend mit der Schwelle B 70, einer W-Befestigung, einer Zwischenlage Zw 687a und einer Schiene 60 E2 ausgerüstet. Innerhalb der Abschnitte wurde an jeweils 25 Schwellen der QVW durch die DB Systemtechnik gemessen. In jedem Abschnitt

wurden drei Messungen nach unterschiedlichen Betriebsbelastungen durchgeführt. Zunächst wurde der QVW direkt nach der Stopfung bzw. nach dem Einsatz des DGS gemessen, abschließend jeweils nach einer Betriebsbelastung von 100 000 Lasttonnen (Lt) bzw. von 1,5 Mio. Lt. Nach dem Umbau wurden in allen Versuchsabschnitten Schotterproben genommen.

Die Ergebnisse zeigen, dass kein signifikanter Unterschied hinsichtlich des QVW bei den Versuchsabschnitten mit und ohne PSS besteht. Bei den Messungen unmittelbar nach dem Stopfen zeigte sich im Abschnitt mit DGS-Einsatz nach allen Stopfdurchgängen ein um ca. 30% höherer QVW (7,3 kN) als in den Ab-

## STRAIL<sup>®</sup>WAY DIE KUNSTSTOFFSCHWELLE

### ➤ BESTANDEN! – DB Test zur Betriebstauglichkeit bei der TU München

- ◆ perfekte Alternative zu Holz
  - > niedrigere Entsorgungskosten = 100 % recyclebar
  - > längere Liegedauer = Kostenersparnis durch niedrige LCC
  - > umweltfreundlich
- ◆ gute Bearbeitbarkeit (z.B. Sägen, Fräsen, Hobeln, Bohren)
- ◆ Ablängen individuell nach Kundenwunsch möglich
- ◆ gute CO<sub>2</sub> Bilanz durch Verwendung von Sekundärrohstoffen



max. Achslast  
22,5 t



max. 160 km/h



Gleisschwellen  
und Brücken-  
balken

KRAIBURG STRAIL GmbH & Co. KG > STRAIL | STRAILastic | STRAILway  
D-84529 Tittmoning // Göllstraße 8 // tel. +49|86 83|701-0 // info@strail.de // www.strail.de

schnitten ohne DGS-Einsatz (5,6 kN) oder mit nur einmaligem DGS-Einsatz nach dem ersten Stabilisierungsstopfgang (5,3 kN). Der Einsatz des DGS ist daher nur dann zielführend, wenn dieser auch bei allen Stopfgängen erfolgt. Erst so kann eine homogene Verdichtung erreicht und eine nachhaltige Gleislage erzielt werden. Diese Erkenntnis deckt sich mit dem Passus aus der aktuellen Ril 824.2200 der DB Netz: „dass eine dynamische Stabilisierung bei allen Stopfgängen ein besseres Arbeitsergebnis liefert, als bei nur einmaligen Einsatz (nach der ersten Stabilisierung)“ [3].

Um eine Aussage über die Wirksamkeit der vorweggenommenen Konsolidierung durch den DGS treffen zu können, werden die Mittelwerte des QVW nach einer Betriebsbelastung von 100 000 Lt ohne DGS-Einsatz mit dem Wert des QVW unmittelbar nach den Stopfdurchgängen mit DGS-Einsatz verglichen. Mit den Messergebnissen kann für die Schwelle B 70 die Aussage bestätigt werden, dass der DGS einer Konsolidierung infolge Verkehrsbelastung von ca. 100 000 Lt entspricht.

Anhand der Bestimmung der Sieblinienänderungen konnte kein erhöhter Schotterverschleiß durch den DGS festgestellt werden.

### Feldmessung Hildesheim

Die zweite Feldmessung erfolgte durch das Prüfam für Verkehrswegebau im Zuge einer Umbaumaßnahme im Raum Hildesheim. Hier konnte neben den bereits in Wiesloch gemessenen Schwellen des Typs B 70 auch der Schwellentyp B 07 mit Schwellenbesohlung (G02) untersucht werden. Die Schwelle B 70 ist mit einer Zwischenlage Zw 687a und die besohlte B 07 mit einer Zwischenlage Zw 1000 eingebaut. Der gesamte Versuchsabschnitt ist mit der Schiene des Typs 60 E2 und einer W-Befestigung ausgerüstet. Auf Grundlage der Erkenntnisse bei den Feldmessungen in Wiesloch wurden bei dieser Messung jeweils für die B 70 und die besohlte B 07 nur je zwei Versuchsabschnitte gebildet. Zum einen wurde je ein Referenzabschnitt festgelegt, in dem der DGS nicht zum Einsatz kam, zum anderen wurde in den übrigen Abschnitten der DGS nach allen Stopfgängen eingesetzt. Die Stabilisierung mit dem DGS fand bei einer Stabilisierungsfrequenz von 31 Hz statt. Die Auflast wurde beginnend von 70 bar nach jedem Stopfvorgang um 10 bar verringert. Diese Einstellungen wurden von der für den Umbau des Betriebsgleises verantwortlichen Baufirma vorgegeben. In den vier Versuchsabschnitten wurde an je 15 Schwellen der statische QVW gemessen, zusätzlich die vertikale und horizontale Schwellenbeschleunigung bei den DGS-Überfahrten. Diese dienen zur Verifikation der Laborversuche, die zu diesen Fragestellungen am Prüfam für Verkehrswegebau durchgeführt wurden. Der QVW wurde wie bei den vorherigen Messungen direkt nach dem Stopfvorgang mit und ohne DGS-Einsatz und nach einer Verkehrsbelastung von 100 000 Lt

sowie 1,5 Mio. Lt gemessen. Abb. 4 stellt die gemittelten Kraftverformungsverläufe nach dem Stopfvorgang dar. Die gestrichelten Linien zeigen den Verlauf ohne DGS-Einsatz, die durchgezogenen Linien mit DGS-Einsatz nach jedem Stopfvorgang.

Der DGS führt zu einem prozesssicheren Anstieg des QVW, dies gilt für besohlte und unbesohlte Betonschwellen gleichermaßen. Aufgrund des kleineren Ausgangswertes des QVW von unbesohlenen Schwellen ist der relative Anstieg des QVW bei unbesohlenen Schwellen noch größer als bei besohlenen Schwellen. Der Zuwachs des QVW durch den DGS liegt bei den unbesohlenen Schwellen des Typs B 70 bei rund 30%. Beim Schwellentyp B 07 (besohlt) besteht von Beginn an ein höherer Kraftschluss zwischen Schotter und Besohlung, dennoch führt der DGS zu einer QVW-Erhöhung von rund 10%. Durch gezielte Anpassung der Maschinenparameter an die Steifigkeitseigenschaften des Schwellentyps ist ein zusätzliches Steigerungspotenzial zu erwarten. Inwiefern die Parameter anzupassen sind, gilt es im Rahmen der Laborprüfungen am Prüfam für Verkehrswegebau der TUM herauszufinden. Die Ergebnisse dieser Untersuchung werden in Form einer Dissertation am Prüfam für Verkehrswegebau Ende 2020 veröffentlicht.

### Ausblick

Die Wirksamkeit des DGS konnte durch die Feldmessungen bestätigt werden. Diese Erkenntnis wird auch in der Ril 824 der DB niedergeschrieben: „Bei der nächsten Aktualisierung dieser Ril ist ein verbindlicher Einsatz des DGS bei jedem Stopfgang im Rahmen eines Neu- bzw. Umbaus vorgesehen“ [3]. Die Messergebnisse zeigen, dass der Zuwachs des QVW durch den Einsatz des DGS vom Schwellentyp abhängt. Bei der Schwelle B 70 ist das Steigerungspotenzial mit der Standardparametereinstellung fast dreimal höher als bei der besohlenen B 07. Aufgrund

der geometrischen Eigenschaften und der Schwellensohle ergibt sich bei Verwendung des DGS bereits nach dem Stopfvorgang ein QVW in der Größenordnung einer B 70 nach einer Verkehrsbelastung von 100 000 Lt. Mit den Erkenntnissen aus den Untersuchungen konnten bisher ungenutzte Potenziale zur weiteren QVW-Erhöhung erkannt werden. Diese gilt es im Rahmen von Laboruntersuchungen näher zu untersuchen und wissenschaftlich aufzuarbeiten. Durch einen erhöhten Anfangs-QVW kann die Auftretenswahrscheinlichkeit einer Gleisverwerfung oder Gleisverdrückung direkt im Anschluss nach den Stopfvorgängen gesenkt werden. Dadurch können gegebenenfalls erforderliche Langsamfahrstellen entfallen. Durch dementsprechende betriebliche Maßnahmen kann die Streckenverfügbarkeit in einigen Fällen gesteigert werden. Die Potenziale zur weiteren Erhöhung des QVW mittels DGS sollen durch die Laborversuche am Prüfam für Verkehrswegebau der TUM weiter untersucht werden. Geplant ist abschließend die Verifizierung der Laborergebnisse anhand von Feldmessungen. ■

### QUELLEN

- [1] Deutsche Bahn: Richtlinie DS 820 03 15: Dynamische Stabilisierung von Gleisen und Weichen  
 [2] International Union of Railways (UIC): Lateral Track Resistance (LTR). Ausgabe 2019  
 [3] DB Netz AG: Richtlinie 824.2200: Oberbauarbeiten durchführen, Ausgabe Juni 2018  
 [4] Lehrstuhl und Prüfam für Verkehrswegebau, Technische Universität München: Bestimmung des statischen und dynamischen Querverschiebewiderstands – Bericht Nr. 3706, München Ausgabe Mai 2018



**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stephan Freudenstein**

Ordinarius und Direktor des Prüfamtes Lehrstuhl und Prüfam für Verkehrswegebau Technische Universität München  
[stephan.freudenstein@tum.de](mailto:stephan.freudenstein@tum.de)



**Dipl.-Ing. Bernhard Antony**

Leiter Technologiezentrum Purkersdorf Plasser & Theurer, Wien  
[bernhard.antony@plassertheurer.com](mailto:bernhard.antony@plassertheurer.com)



**Dipl.-Ing. Dr. Florian Auer**

Leiter Technologie und Innovation Plasser & Theurer, Wien  
[florian.auer@plassertheurer.com](mailto:florian.auer@plassertheurer.com)



**Sophie Feurig, M.Sc.**

Wissenschaftliche Mitarbeiterin Lehrstuhl und Prüfam für Verkehrswegebau Technische Universität München  
[sophie.feurig@tum.de](mailto:sophie.feurig@tum.de)



**Dr.-Ing. Walter Stahl**

Akademischer Direktor Lehrstuhl und Prüfam für Verkehrswegebau Technische Universität München  
[walter.stahl@tum.de](mailto:walter.stahl@tum.de)