Der Dynamische Gleisstabilisator auf Schiene

Im Zuge von groß angelegten Forschungsprojekten werden die wesentlichen Zusammenhänge des Dynamischen Gleisstabilisators erforscht. Ziel ist, ein noch tieferes Verständnis von Schotter und den Systemzusammenhängen Schiene-Oberbau aufzubauen.

Dipl.-Ing. Dr. Florian Auer
Leiter Technologie und Innovation
Plasser & Theurer, Wien
florian.auer@plassertheurer.com

Dipl.-Ing. Bernhard Antony
Senior Expert Track Technology
Plasser & Theurer, Wien
bernhard.antony@plassertheurer.com

Der Dynamische Gleisstabilisator versetzt den Schotter in eine gezielte gerichtete Schwingung und ermöglicht eine verschleißfreie und homogene Umlagerung der Schotterkörner nach dem maschinellen Stopfvorgang.

Im Jahr 1825 wurde die erste öffentliche Eisenbahnstrecke, die auch zur Beförderung von Personen zugelassen war, in Betrieb genommen. Die Stockton & Darlington Railway Linie spielt in der Geschichte der Eisenbahn eine wichtige Rolle. Mit ihrer Spurweite von 1435 mm legte sie den Grundstein für die Normalspur. Knapp 200 Jahre und viele technische Innovationen später ist die Eisenbahn fixer Bestandteil unserer Gesellschaft und aus dem täglichen Leben nicht mehr wegzudenken.

Mit der Einführung des lückenlosen Gleises und dem Entfall der Stoßlücke wurde 1952 ein weiterer systembeeinflussender Meilenstein in der Geschichte der Bahn gesetzt. Erst diese Erfindung machte den Hochgeschwindigkeitsverkehr auf der Schiene in seiner heutigen Form überhaupt möglich.

Von der Stoßlücke zum Hochgeschwindigkeitsverkehr

Die Stoßlücken stellten eine Unstetigkeit im Gleis dar und führten zu einer mehr oder weniger raschen Verschlechterung der Gleislagequalität bzw. der Gleiskomponenten. Mit der Einführung des lückenlos verschweißten Gleises konnten diese Unstetigkeitsstellen beseitigt und die Kosten für die Erhaltung der Infrastruktur, bei gleichzeitiger Steigerung der Qualität, reduziert werden. Damit entfiel jedoch auch der Vorteil der Stoßlücke, da beim durchgehend verschweißten Gleis bedeutend höhere Kräfte aus der Temperaturänderung in den Oberbau abgeleitet werden müssen. Der maßgebende Sicherheitsfaktor ist der Querverschiebewiderstand (QVW) des Gleises, er beschreibt die notwendige Reibungskraft der Schwelle, um diese quer zu verschieben. Ist der Widerstand zu gering, kann es zu einem Ausknicken des Gleisrostes (sogenannten Gleisverwerfungen) und im schlechtesten Fall sogar zu Zugentgleisungen kommen. Gerade bei Hochgeschwindigkeitsstrecken und in engen Bögen ist der QVW daher ein sicherheitsrelevantes Kriterium.

Unmittelbar nach Neubau, Umbau und Instandhaltung im Schottergleis wird der QVW auf bis zu 50 % seines ursprünglichen Wertes reduziert. Bis dieser wieder erreicht ist, darf das Gleis infolge der Betriebsbelastung nur mit reduzierter Geschwindigkeit befahren werden, um Verwerfungen zu vermeiden. Die sogenannte Langsamfahrstelle ist so lange aufrechtzuerhalten, bis der Gleisrost wieder fest im Schotterbett verankert ist. Die Infrastrukturbetreiber stehen in dieser Situation vor großen Herausforderungen: immer kürzer werdende Sperrzeiten, zunehmender Druck nach Verfügbarkeit der Strecke sowie die Prämisse, Verspätungen oder Ausfälle unbedingt zu vermeiden. Der Dynamische Gleisstabilisator (DGS) bietet für diese Aufgabe die richtige Lösung.

Einsatzgebiet des Dynamischen Gleisstabilisators

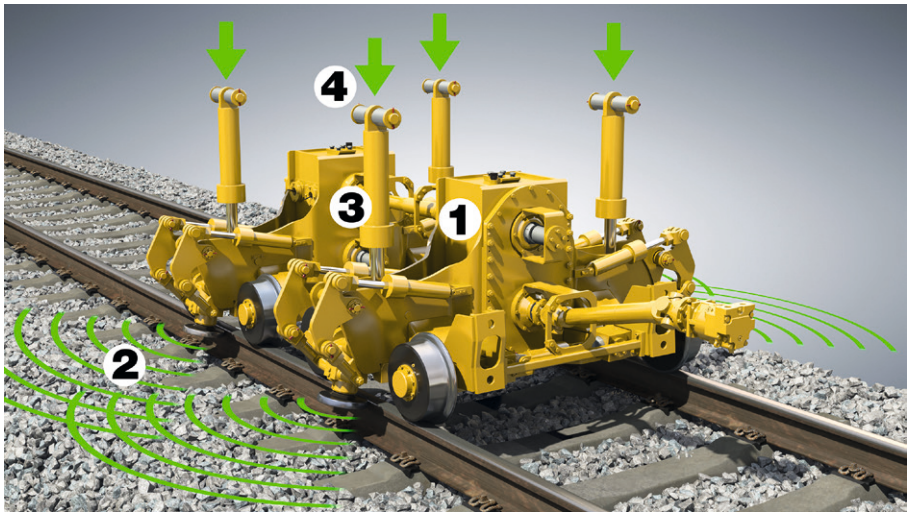
Die theoretische Basis für den DGS und seine Funktionsweise bildet die Dissertation von Karl Kienzer. Dieser stellte im Zuge seiner Arbeit fest, dass ein gut verdichtetes Schotterbett Stoßimpulse ohne große Verformungen in den Untergrund abtragen kann, während ein schlecht verdichtetes Gleis bei derselben Belastung viel größeren Verformungen ausgesetzt ist [1].

Der DGS kommt in der Regel direkt nach dem maschinellen Stopfvorgang zum Einsatz und fördert den künstlichen „Einnistvorgang" des Gleisrostes in das Schotterbett. Beim Stopfvorgang wird der Gleisrost aus seinem Bett herausgehoben und in eine neue Lage gebracht. Die Schotterkörner im Einflussbereich

der Stopfpickel werden durch den Stopfvorgang neu geordnet und es wird somit ein Schwellenauflager geschaffen. Die idealen Arbeitsparameter bei der Stopfung sind dabei eine

- Frequenz von 35 Hz und eine
- Schwingamplitude von 4 bis 5 mm.

Zur Vermeidung von Langsamfahrstellen wird der DGS (Bild 1) nach dem Stopfen mit kontinuierlicher Geschwindigkeit über das Gleis bewegt und versetzt den Gleisrost bzw. den Schotter in gezielte horizontale Schwingung [2]. Damit wird eine verschleißfreie und homogene Umlagerung der Schotterkörner erzielt und das Schotterbett gleichmäßig verdichtet. Die Absenkung des Gleises erfolgt kontrolliert. Mit den Auflastzylindern des Aggregats kann die Wirkung der Verdichtung beeinflusst und die Höhenlage des Gleises gesteuert werden. Mit dem Einsatz des DGS kann der nach dem Stopfen im Vergleich zum völlig konsolidierten Gleis um etwa 50 Prozent reduzierte QVW wieder auf bis zu 80 % gehoben werden und somit eine eventuell notwendige Langsamfahrstelle entfallen. [2] Die Wirkung des DGS entspricht einer Belastung von 100 000 Lasttonnen.



1: Variable Unwucht (1) erzeugt horizontale Vibration (2), Hydraulikzylinder (3) bewirken die vertikale Auflast (4)

Vorteile der verstellbaren Unwucht

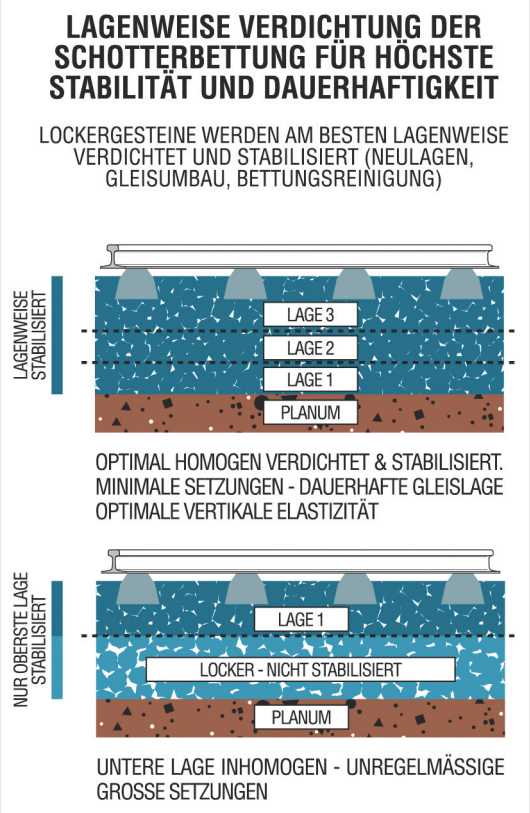
Mit der Entwicklung der verstellbaren Unwucht kann der Stabilisator noch besser an die jeweiligen Einsatzbereiche angepasst und das Arbeitsergebnis weiter optimiert werden. Bisher waren und sind die maßgebenden Parameter für die Effektivität des DGS die

- Stabilisierfrequenz,
- Amplitude und
- Auflast.

Aus der vorgegebenen Exzentermasse lässt sich die frequenzabhängige Schlagkraft ermitteln. Diese war bis zur Entwicklung der verstellbaren Unwucht nur indirekt über die Stabilisierfrequenz steuerbar. Erst mit der Möglichkeit der Verstellung kann die Schlagkraft auch ohne Veränderung der Frequenz an die jeweiligen Verhältnisse angepasst werden. Zusätzlich kann mit dieser neuen Technologie die Vibration schlagartig zurückgenommen werden. Dieser Punkt ist insbesondere bei einem häufigen Stop-and-go-Betrieb von Interesse.

Musste bisher der DGS beim Anfahren bzw. Stehenbleiben die Stabilisierfrequenz schrittweise steigern bzw. reduzieren, ist es mit der verstellbaren Unwucht möglich, von einem auf den anderen Moment anzuhalten oder anzufahren. Die Exzenterwelle bewegt sich dabei weiter mit der zuvor eingestellten Frequenz, lediglich die Unwucht und somit die Schlagkraft werden zurückgenommen. Insbesondere in Weichen sowie beim letzten Stopfvorgang bei Gleisneubauten bzw. Gleisumbauten bietet diese Entwicklung große Vorteile. Mit der Geschwindigkeitsregelung wird die Unwucht an die jeweilige Fortschrittsgeschwindigkeit angepasst und eine gleichbleibende Verdichtung des Schotters gewährleistet. Auch wer-

2: Lagenweise Verdichtung der Schotterbettung



den durch ein notwendiges Stehenbleiben der Maschine keine Unstetigkeiten in der Gleislage erzeugt, da die Vibration schlagartig zurückgenommen wird. Diese Funktion bietet auch bei der Stabilisation von Brücken große Vorteile, indem die Anregung der Brücke im Resonanzbereich vermieden werden kann.

Um den geänderten Rahmenbedingungen seit Einführung der Stabilisation von Gleisen Rechnung zu tragen, werden in jüngster Vergangenheit wieder vermehrt Untersuchungen zur Wirkungsweise und zu den Vorteilen der dynamischen Gleisstabilisation durchgeführt.

Reduktion von Langsamfahrstellen

Die QVW-Erhöhung durch den DGS entspricht einer Betriebsbelastung von 100 000 Lasttonnen. [3] Diese Erkenntnis hat trotz geänderter Oberbaukonfigurationen weiterhin Gültigkeit und ist gerade bei der Reduktion von Langsamfahrstellen nach Gleisumbauten bzw. Gleisneubauten von Bedeutung. Erst, wenn der Gleisrost im Schotterbett verankert ist, lässt sich ein Ausknicken des Gleisrostes infolge Temperaturänderung verhindern.

Im Zuge der Betriebszulassung des DGS in Deutschland wurden daher umfangreiche Untersuchungen zum Nachweis der Wirkungsweise unternommen. Dabei wurden stabilisierte mit nicht stabilisierten Abschnitten verglichen. Zusätzlich konnten auch Abschnitte mit und ohne Schwellenbesohlung gegenübergestellt werden. Zur Beurteilung wurden sowohl der QVW als auch die Gleislage herangezogen. Die ersten Ergebnisse bestätigten die Erkenntnisse aus vergangenen Messungen. So konnte daraus erneut abgeleitet werden, dass die QVW-Erhöhung durch den DGS einer Betriebsbelastung von etwa 100 000 Lasttonnen entspricht. [4]

Lagenweise Verdichtung

Im Rahmen dieser Untersuchungen in Deutschland hat man sich auch dazu entschieden, den Effekt der lagenweisen Verdichtung (Bild 2) nachzuweisen und dafür 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. Zum Vergleich wurden wieder die gemessenen QVW herangezogen, wobei der geringste QVW-Wert im Abschnitt zwei ermittelt wurde. Die Werte lagen jedoch nur knapp über jenen des Abschnittes ohne Einsatz des DGS. Im ersten Abschnitt, bei dem nach jedem Stopfgang der DGS eingesetzt wurde, konnte eine deutliche QVW-Erhöhung von über 30 % im Vergleich zum nicht stabilisierten Bereich gemessen werden. Auch hat sich gezeigt, dass die Entwicklung der Gleislage in dem stabilisierten Abschnitt homogener war.

Stabilisieren in Weichen

Die Stabilisation von Weichen ist immer wieder ein großes Thema. Dabei geht es weniger um die Erhöhung des QVW, sondern mehr um die vom Stabilisator ausgehenden Schwingungen und deren Auswirkungen auf die Weichenstellvorrichtungen. Bei der SNCF ist bisher der Einsatz des DGS in Weichen oder Kreuzungen nicht erlaubt. Zur Erhöhung der Streckenverfügbarkeit hat man sich jedoch entschieden, die Vorteile des DGS auch bei Weichen nutzen zu wollen, um damit die erforderlichen Geschwindigkeitsreduktionen zunächst nach Neubaumaßnahmen entfallen lassen zu können. Um die Machbarkeit und Wirksamkeit des Stabilisators an Weichen zu testen und gegebenenfalls doch für Weichen zulassen zu können, hat die SNCF einen groß angelegten Feldversuch in Rambouillet (Bild 3) durchgeführt.

Gemessen wurden unter anderem die durch den DGS auftretenden Quer- und Vertikalbeschleunigungen auf die Weiche und ihre Komponenten. Sowohl bei den Schwingungsmessungen als auch den Messungen der Geometrie konnten keine negativen Auswirkungen festgestellt werden. Die Ergebnisse der Untersuchungen stimmen die Verantwortlichen für eine baldige Zulassung des DGS in Weichen und Kreuzungen bei der SNCF positiv. Dies gilt sowohl für Beton- als auch für Holzschwellenweichen. [5]

Im Jahr 2015 startete Network Rail ein Untersuchungsprogramm, das sich im ersten Schritt auf den Neubau bzw. Umbau von Weichen und Kreuzungen konzentrierte. Bei den Messungen konn-

3: Untersuchung der dynamischen Gleisstabilisation in Frankreich [5]

4: DGS-Untersuchung im Prüflabor der TU München

te festgestellt werden, dass das Erschütterungsniveau auf den streckenseitigen Einbauten weitgehend innerhalb der Größenordnungen der Vibrationen resultierend aus dem Zugverkehr liegt. Basierend auf den Projektergebnissen, hat man sich bei Network Rail schließlich entschieden, den DGS bei neu installierten Weichen auf Betonschwellen zuzulassen. Im nächsten Schritt wird eine ähnliche Untersuchung für die Stabilisation in Weichen und Kreuzungen bei Instandhaltungsarbeiten durchgeführt, um künftig auch bei diesen Arbeiten den DGS zulassen zu können. [6]

Grundlagenforschung im Feld und im Labor

Infolge der geänderten Rahmenbedingungen, wie zum Beispiel neuer Oberbautypen und verstellbarer Unwucht, hat man sich bei Plasser & Theurer entschieden, erneut eine große Versuchsserie zum Dynamischen Gleisstabilisator zu starten. Die Basis bieten die vielen Feldtests und bisherigen theoretischen Überlegungen. Diese werden einerseits durch zusätzliche Feldversuche mit neuen Oberbautypen und Maschinentechnologien, andererseits durch Laborversuche in München (Bild 4) sowie durch numerische Simulationsmodelle ergänzt. Ziel dieser Untersuchungen ist, die physikalischen Zusammenhänge besser zu beschreiben und das Arbeitsergebnis des DGS hinsichtlich der Einsatzbedingungen zu optimieren. Bei den Versuchen im Labor werden unter gleichbleibenden Bedingungen verschiedene Maschineneinstellungen auf ihre Wirksamkeit überprüft. Geprüft werden die in Deutschland gängigen Schwellentypen B07So, B70 und B90, um ein noch tieferes Verständnis von Schotter und den Systemzusammenhängen Schiene-Oberbau aufzubauen. Langfristig führt dieses Wissen zu effizienteren Maschinen.

Literatur

[1] Kienzer K.: Dissertation „Das Scherverhalten von Oberbauschotter bei Stoßbelastung"; 1983
[2] Rießberger K., Wenty R.: Eisenbahn Ingenieur Kalender „40 Jahre dynamische Gleisstabilisation"; 2015
[3] Janin G.: „Der Querverschiebewiderstand der Eisenbahngleise"; 1976
[4] Freudenstein S., Feurig S.: Forschungsbericht „Bestimmung des statischen und dynamischen Querverschiebewiderstands"; 2018
[5] Laurens P.: Forschungsbericht SNCF „Rapport de Synthese des Resultats de L'essai de Stabilisation Dynamique d'un ADV"; 2017
[6] Jacksin L.: Präsentation Network Rail „Dynamic Track Stabiliser on S&C"; 2017

Summary

Dynamic track stabilizer

The dynamic track stabilizer directs the ballast into horizontal vibrations allowing a wear-free and homogenous rearrangement of the ballast stones after the mechanical track tamping. Due to this artificial accelerated "nidation" process, the number and size of the hollow spaces in the ballast bed will be reduced and the resistance to lateral displacement of the track will be restored. The adjustable heavy spot allows a fine adaption of the dynamic track stabilizer to the individual application field. So, in particular, for switches this technology provides a substantial benefit. In recent years, there have been increasingly studies on the mechanism of a dynamic track stabilization. Within comprehensive research projects the essential connections will be investigated and the results have proved the benefit of the dynamic track stabilizer.

PMCMedia International Publishing

Der Gleislage auf der Spur

Grundlagen – Fehlerermittlung – Korrektur – Qualität
Ein vergleichender Überblick über die DACH-Staaten

Ein umfassender und praxisnaher **Überblick über alle Aspekte der Gleislagekorrektur** für Deutschland, Österreich und die Schweiz. Von den Grundlagen des Fahrwegs über die Berichtigung von Gleislagefehlern bis zur Qualitätskontrolle liefert dieses Buch einen tiefen Einblick in den **gesamten Stopfprozess**.

NEUERSCHEINUNG: Jetzt vorbestellen und € 10 sparen!

MIT E-BOOK INSIDE

Der Gleislage auf der Spur
1. Auflage Mai 2019,
Autoren: Fabian Hansmann, Wolfgang Nemetz,
208 Seiten, gebunden,
ISBN 978-3-96245-164-6,
Print mit E-Book Inside € 49,-*
(statt € 59,-* nach Erscheinen)
www.pmcmedia.com/gleislage

Mehr Infos und Bestellung: www.pmcmedia.com

Weitere aktuelle Titel:

MIT E-BOOK INSIDE

Digitalisierung in Mobilität und Verkehr
Print mit E-Book Inside € 49,-*
www.pmcmedia.com/digitalisierung

NEU: Das elektronische Archiv mit vielen lang vergriffenen Büchern, die nun als E-Books im pdf-Format wieder erhältlich sind.
www.pmcmedia.com/e-archiv

* Preise inkl. MwSt, zzgl. Versand

BESTELLUNGEN:
Tel.: +49 7953 718-9092
Fax: +49 40 228679-503
E-Mail: office@pmcmedia.com
Online: www.pmcmedia.com

PER POST:
PMC Media House GmbH
Kundenservice
D-74590 Blaufelden

PMC Media House GmbH | Werkstättenstr. 18 | D-51379 Leverkusen
Office Hamburg (c/o DVV Media Group GmbH) | Heidenkampsweg 75 | D-20097 Hamburg

Unsere Bücher erhalten Sie auch im gut sortierten Buchhandel.