50 Jahre Erfahrung mit Schotteroberbau auf der Tokaido Shinkansen-Strecke

Der Tokaido Shinkansen feierte 2014 seinen 50. Geburtstag. Die Verantwortung für sein Netz lag bis 1986 bei der ehemaligen japanischen Staatsbahn JNR (Japan National Railways), seit der Privatisierung 1987 ist nun JRC (Central Japan Railway Company) zuständig. Die Fahrweginstandhaltung und die Fortschritte beim Schotteroberbau haben einen besonderen Stellenwert.

1. TOKAIDO SHINKANSEN IM ÜBERBLICK [1, 2]

Der Tokaido Shinkansen wurde 1964 als die erste Hochgeschwindigkeitsbahnstrecke der Welt von der ehemaligen Japanischen Staatsbahn (Japan National Railways, kurz JNR) in Betrieb genommen. Der Betrieb wurde 1987 von der Central Japan Railway Company (JRC) übernommen. Das gesamte Eisenbahnsystem, einschließlich der baulichen Einrichtungen, der Gleisanlagen, der elektrischen Systeme und der Signalsysteme sowie des rollenden Materials befindet sich im Besitz von JRC.

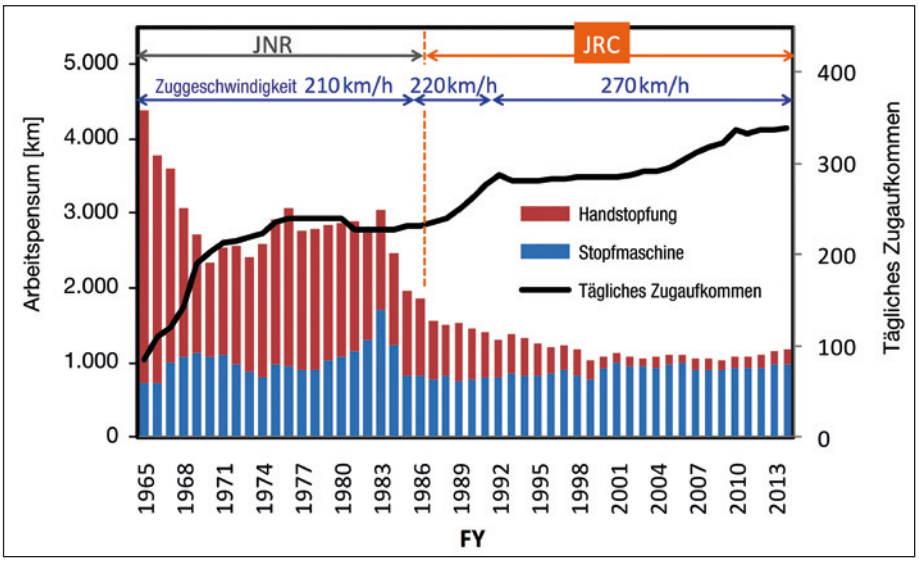
Die folgende Aufzählung nennt Merkmale und Leistung des Tokaido Shinkansen:

Sicherheit und Zuverlässigkeit
- → Keine Verletzten oder Todesopfer durch Zugunfälle
- → Durchschnittliche jährliche Verspätung: 0,6 Minuten pro Zug (2014)

Massenverkehrsmittel
- → Hohe Frequenz: durchschnittlich 350 Fahrten pro Tag
- → Hohe Kapazität: 1.323 Passagiere pro Zuggarnitur (bestehend aus 16 Waggons)
- → Fahrgäste: 431.000 Passagiere pro Tag, 157 Millionen Passagiere pro Jahr (2014)

Umweltfreundlichkeit
- → Geringer Energieverbrauch, geringe CO_2-Emissionen
- → Geringe Lärmbelastung entlang der Strecke
- → Geringe Bodenvibrationen entlang der Hochgeschwindigkeitsstrecken (Achslast: 11,2 t).

BILD 1: Veränderungen des Stopfpensums, der Zuggeschwindigkeit und des täglichen Zugaufkommens



Dr. Eng. Masahiro Miwa
Manager – Central Japan Railway Company, Technology Research and Development Department Gernneral Technology Division
m.miwa@jr-central.co.jp

2. GLEISFORSCHUNG UND -ENTWICKLUNG VOR DEM TOKAIDO SHINKANSEN

Vor dem Bau des Tokaido Shinkansen vor über 50 Jahren lag die Betriebsgeschwindigkeit auf herkömmlichen Strecken in Japan bei 100 km/h, während in anderen Ländern Höchstgeschwindigkeiten von 160 km/h erreicht wurden. Durch Forschung und Entwicklung im Bereich neuer Gleistechnologien, basierend auf den bewährten Technologien und Erfahrungen, kamen japanische Ingenieure damals zu dem Ergebnis, dass Schotteroberbau auch im Hochgeschwindigkeitsverkehr eingesetzt und wirtschaftlich in Stand gehalten werden kann.

Auch die mögliche Notwendigkeit der Festen Fahrbahn wurde diskutiert, wobei sich jedoch herausstellte, dass kein Bedarf bestand.

3. GLEISINSTANDHALTUNG UNTER JNR (1964 – 1986)

Veränderungen hinsichtlich des Stopfpensums, des täglichen Zugaufkommens und der Zuggeschwindigkeiten über einen Zeitraum von fast 50 Jahren werden in Bild 1 dargestellt. Die Gleisinstandhaltung zwischen den Jahren 1964 und 1986 unter der Führung von JNR wird wie folgt beschrieben:

Bei Inbetriebnahme des Tokaido Shinkan-

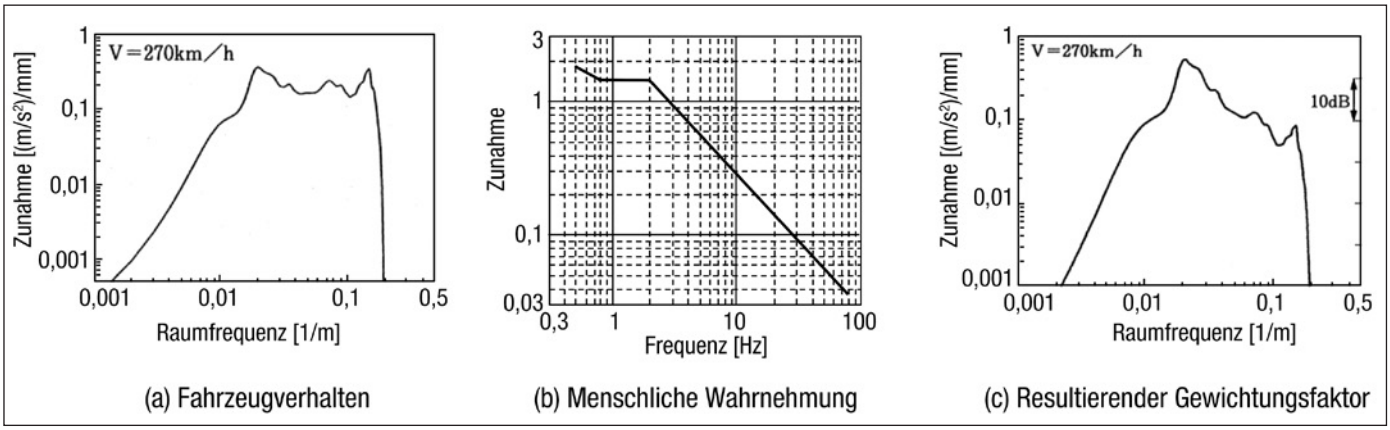


BILD 2: Gewichtungsfaktoren für das Fahrkomfortmanagement

sen war der Unterboden insbesondere auf Erdböden nicht ausreichend stabil. Daher war ein enormes Maß an Stopfarbeiten erforderlich. Mit der Stabilisierung des Unterbodens nach zirka fünf Jahren nahm auch das Stopfpensum deutlich ab. Eingerichtete Entwässerungsanlagen sowie die – aus den Belastungen des Zugverkehrs resultierende – Verdichtung des Schotterbettes trugen zur Bettungsstabilisierung bei.

Zwischen 1972 und 1981 wurden außerdem die 50 kg-Schienen durch 60 kg-Schienen ersetzt. Nichtsdestotrotz war der erforderliche Stopfaufwand noch immer sehr hoch.

4. INSTANDHALTUNGSMASSNAHMEN DER JRC

Nach der Privatisierung und Auflösung der JNR übernahm die JRC im April 1987 den Betrieb. Wie aus Bild 1 hervorgeht, haben sowohl das tägliche Zugaufkommen als auch die erreichten Zuggeschwindigkeiten seitdem zugenommen. Seit 2015 liegt die Höchstgeschwindigkeit bei 285 km/h. Die Stopfarbeiten haben hingegen abgenommen bzw. sind gleichbleibend niedrig. Die Gründe für diese Entwicklung werden im Folgenden beschrieben.

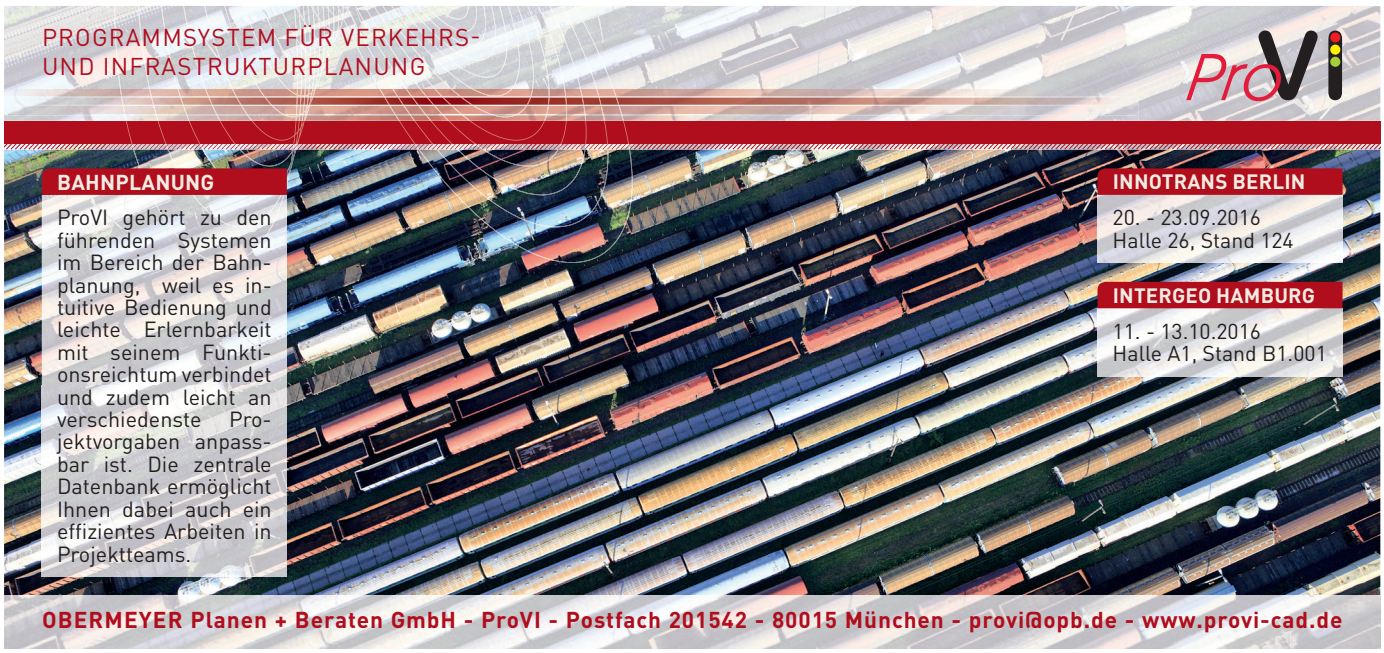
4.1. AUSWIRKUNGEN DES STOPFENS UND RICHTENS AUF DAS FAHRVERHALTEN

Schienenfahrzeuge erzeugen Eigenschwingungen und dynamische Kräfte, die sich auf das Gleis auswirken. Zur Verbesserung des Fahrkomforts führt die JRC Stopf- und Richtarbeiten durch. Unten stehend wird ein Beispiel des Gleislagenmanagements beschrieben [3].

Bild 2 (a) zeigt das typische Fahrzeugverhalten bei Gleislagefehlern. Die menschliche Wahrnehmung seitlicher Vibrationen wird in Bild 2 (b) gezeigt. Die daraus resultierenden Gewichtungsfaktoren, ermittelt durch die Multiplikation von Bild 2 (a) und 2 (b), wird in Bild 2 (c) dargestellt. Effektivwerte (RMS) die auf Basis von Gleisunregelmäßigkeiten gefiltert mit Bild 2 (c) errechnet werden, bilden die Basis für die Planung von Gleisinstandhaltungsarbeiten. Bezeichnet wird dies als geschätztes Fahrkomfortlevel.

Während der Gleisdurcharbeitung wird der „Restored Track Irregularity-Wert" für die Richtarbeiten herangezogen. Dieser Wert hat einen flachen Verstärkungsverlauf im Wellenlängenbereich von 6 m bis 100 m.

Daher werden Unregelmäßigkeiten im Gleis, die sich in diesem Wellenlängenbereich befinden, mittels dieser Instandhaltungsarbeiten behoben. Der Fahrkomfort wird dadurch deutlich verbessert. Gleichzeitig werden dynamische Seitenkräfte, die mit seitlichen Fahrzeugbewegungen und Gier- »



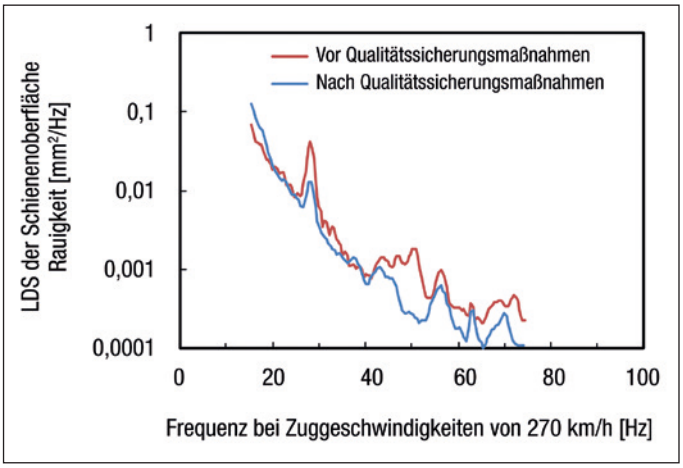


BILD 3: LDS der Schienenoberflächenrauigkeit

bewegungen des Fahrzeuges zusammenhängen, reduziert. Dadurch werden auch die Richtarbeiten reduziert. Stopfarbeiten werden in ähnlicher Weise geplant, durchgeführt und letztlich reduziert.

4.2. MASSNAHMEN ZUR SICHERUNG DER SCHIENENQUALITÄT

JRC setzt zwei Maßnahmen zur Sicherung der Schienenqualität ein: Eine dieser Maßnahmen konzentriert sich auf die Reduzierung der Rauigkeit der Schienenoberfläche in Längsrichtung (siehe Bild 3), die andere auf die Reprofilierung der Schiene zur Erreichung geringerer dynamischer Kräfte (siehe Bild 4).

Bild 3 zeigt das Leistungsdichtespektrum (LDS) der Schienenoberflächenrauigkeit vor und nach Durchführung der Maßnahmen zur Qualitätssicherung [4]. Die vertikale Achse zeigt die Frequenz. Diese wird aus dem Zusammenhang zwischen der Wellenlänge der Schienenrauigkeit und den Radlastvariationen von Fahrzeugen bei einer Geschwindigkeit von 270 km/h ermittelt. Der Spitzenwert von 30 Hz wird durch die im Herstellungsprozess entstehende Unregelmäßigkeit der Schiene verursacht. Dieser Spitzenwert konnte durch Qualitätssicherungsmaßnahmen auf Seiten der Schienenlieferanten verringert werden. Leistungsdichtespektren, die 40 Hz übersteigen, konnten durch Schleifarbeiten verringert werden. Durch diese Maßnahmen zur Sicherung der Schienenqualität wurde die dynamische Radlast reduziert, die auf das Gleis wirkt.

Bild 4 (a) zeigt das Schienenkopfprofil [5, 6]. Die schwarze und die blaue Linie zeigen das neue Schienenprofil bzw. das Soll-Schienenprofil nach dem Schleifvorgang. Bild 4 (b) zeigt das LDS der unterschiedlichen seitlichen Wagenkastenbeschleunigung des Fahrzeuges bei der Fahrt über diese beiden Schienenprofile. Nach der Reprofilierung wird augenscheinlich der dominante Ausschlag von 3 Hz stark reduziert (siehe 4 (b)). Dies führt zu einer Reduzierung der seitlichen dynamischen Kräfte im Gleis.

4.3. HOCHLEISTUNGSMASCHINEN

Die zuvor beschriebene hochwertige Gleisinstandhaltung macht Hochleistungsmaschinen unbedingt erforderlich. Große Stopf-, Verteil-, Stabilisier-, und Schleifmaschinen werden in Europa gemäß den besonderen Anforderungen der JRC maßgefertigt und anschließend importiert. Hochpräzise arbeitende Messfahrzeuge sind ebenso wichtig. Bild 5 zeigt den Hochgeschwindigkeits-Messwagen „Doctor Yellow", der auf der Strecke des Tokaido Shinkansen zum Einsatz kommt.

4.4. REDUZIERUNG DES FAHRZEUG-GEWICHTES

Bild 6 (s. Seite 44) zeigt die Entwicklung des rollenden Materials des Tokaido Shinkansen, welches in zwei Generationen unterteilt werden kann: Die erste Tokaido Shinkansen Generation ist gekennzeichnet durch höhere Achslasten und geringere Geschwindigkeit, die zweite Generation – entwickelt, um die Betriebsgeschwindigkeiten zu erhöhen – durch geringere Achslasten und höhere Geschwindigkeit. Bei der zweiten Generation wurde das Gewicht deutlich reduziert, um eine Erhöhung der Bodenvibrationen und der Durcharbeitungsintervalle zu verhindern. Das schwerere Material der ersten Generation wurde vor 2003 aus dem Betrieb genommen. Mittlerweile ist ausschließlich der leichtere Bau der zweiten Generation im Einsatz.

Diese geringeren Achslasten bewirken eine Reduktion der Instandhaltungszyklen. Wie unten beschrieben wird, ist jedoch auch die Reduzierung des Gewichtes der ungefederten Fahrzeugmasse von großer Bedeutung. Bild 7 (s. Seite 44) zeigt das LDS der Radlast [7]. Die rote Line zeigt das LDS der schwereren, ungefederten Masse (2,1 t) und die blaue das LDS der leichteren, ungefederten Masse (1,5 t). Eine Gewichtsreduzierung der ungefederten Masse bewirkt die Verringerung der in einem breiten Frequenzbereich auf das Gleis wirkenden Radlasten. Die ungefederte Masse der zweiten Generation ist leichter als die der ersten Generation.

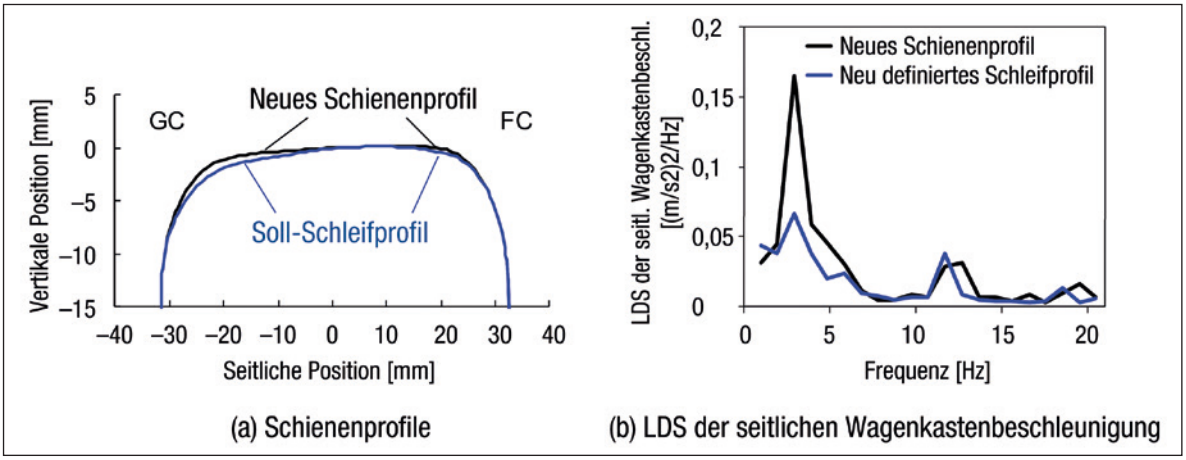


BILD 4: Schienenprofil-management

5. FORSCHUNGSZENTRUM KOMAKI

Seit JRC 1987 den Betrieb übernommen hat, hat sich das Unternehmen aktiv für Forschung und Entwicklung eingesetzt und dabei das Ziel verfolgt, den sicheren und zuverlässigen Verkehr zu gewährleisten, höhere Geschwindigkeiten zu erreichen, Verkehrsdienste auszubauen und die Kosten zu reduzieren.

Für einen ganzheitlichen und umfassenden Zugang zu verschiedenen, technologischen Aspekten wurde 2002 die General Technology Division eingerichtet. Seither hat die technologische Forschungs- und Versuchsabteilung im Forschungszentrum KOMAKI zwei Prinzipien verfolgt: Die Lösung von Problemen in Zusammenhang mit der Gewährleistung des sicheren und verlässlichen Eisenbahnverkehrs einerseits, sowie die Förderung technologischer Entwicklungen, die unsere Zukunft mittel- und langfristig unterstützen werden, andererseits.

Im Forschungszentrum KOMAKI wurden seither Forschung und Entwicklung im Bereich der zuvor beschriebenen, angemessenen Gleisinstandhaltung und Reduzierung des Fahrzeuggewichtes betrieben.

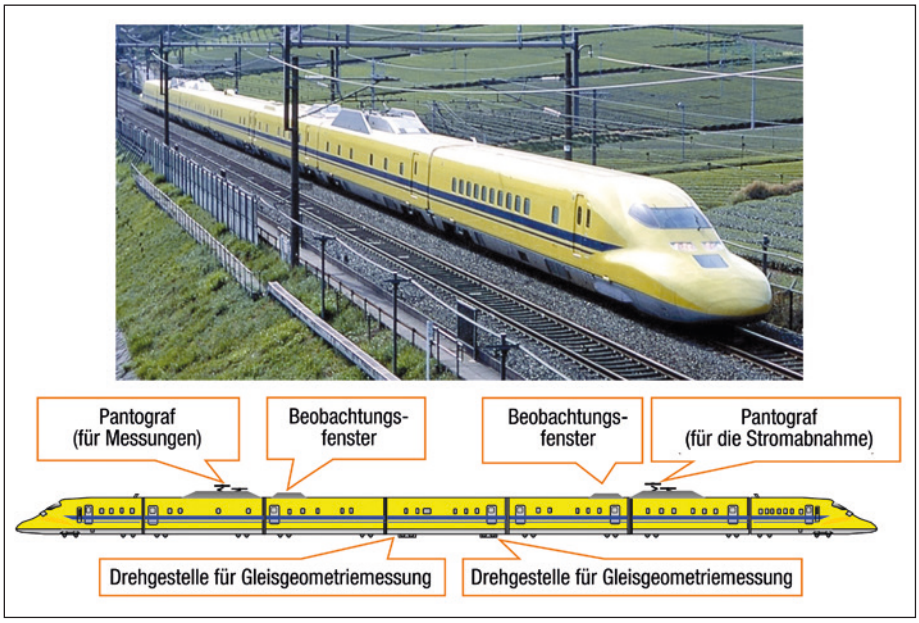


BILD 5: Hochgeschwindigkeits-Inspektionszug „Doctor Yellow"

6. FESTE FAHRBAHN IN JAPAN

Neben den Erfahrungen mit Schotteroberbau, verfügt Japan auch über fast 40 Jahre Erfahrung mit Fester Fahrbahn. Die Anschaffungskosten der Festen Fahrbahn entsprechen ungefähr den bei der Errichtung des Schotteroberbaus anfallenden Kosten. Verglichen mit dem Schotteroberbau sind die Instandhaltungskosten der Festen Fahrbahn jedoch deutlich geringer. Daher wird auf fast allen neu errichteten Shinkansen-Linien in »

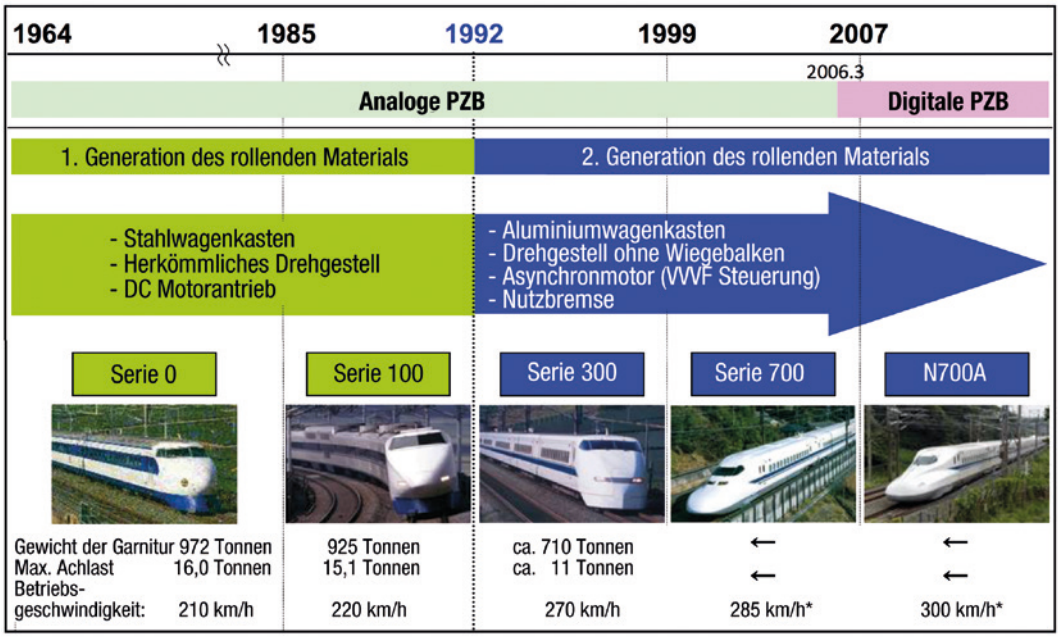


BILD 6: Veränderungen des rollenden Materials

Japan beinahe über die gesamte Länge Feste Fahrbahn verlegt.

Sollte der Schotteroberbau auf den Gleisen des Tokaido Shinkansen daher durch Feste Fahrbahn ersetzt werden? Aufgrund der wirtschaftlichen Effizienz sowie der Schwierigkeiten, die dieser Umbau im laufenden Zugbetrieb bedeuten würde, ist dies ein völlig unrealistisches Szenario. Daher werden wir uns auch weiterhin darum bemühen, weitere Fortschritte mit Schotteroberbau auf der Strecke des Tokaido Shinkansen zu erzielen.

7. ABSCHLIESSENDE BEMERKUNGEN

Die JRC hat die erfolgreiche Entwicklung von Instandhaltungsmaßnahmen für den Schotteroberbau auf der Strecke des Tokaido Shinkansen durch

- → die unermüdlichen Bemühungen der Gleisbauingenieure,
- → technologische Forschung und Entwicklung insbesondere hinsichtlich des Zusammenwirkens von Fahrzeug und Gleis sowie
- → ein hochsystematisiertes Management durch den Einsatz von Computern und Hochleistungsmaschinen zur Gleisinstandhaltung vorangetrieben. ◀

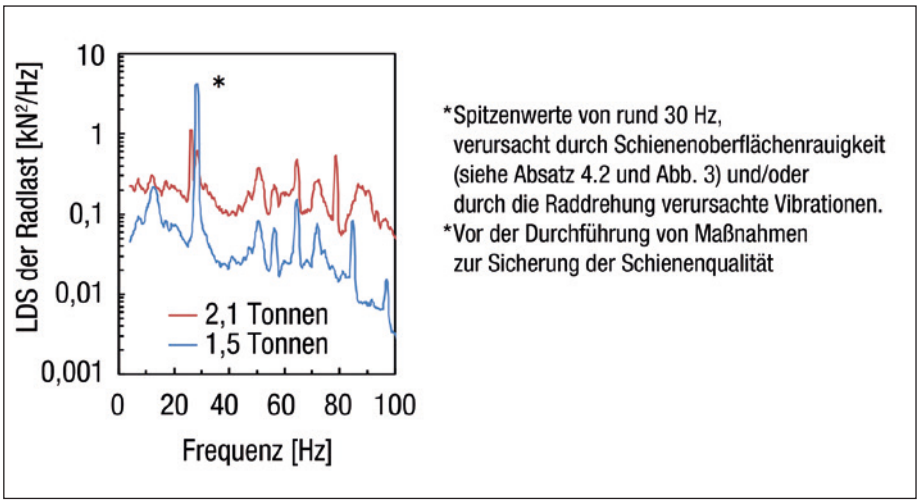


BILD 7: LDS der Radlast

Literatur

[1] http://english.jr-central.co.jp/company/ir/factsheets/_pdf/factsheets2015.pdf
[2] http://english.jr-central.co.jp/company/ir/annualreport/_pdf/annualreport2015.pdf
[3] Naganuma, Y.; Takai, H.: Track maintenance method considering dynamics of Shinkansen rolling stock. In: RTRI Report Vol. 9 No. 9, S. 37-42, 1995. (Japanisch)
[4] Otake, T. et al.: Management on shortwave longitudinal track irregularities for suppressing wheel load variation in high-speed railway. In: Journal of JSCE, in press. (Japanisch)
[5] Miwa, M. et al.: Maintenance and Management of High-Speed Railway Track Considering Vehicle/Track Interaction. WCRR 2013 (USB Memory), 2013.
[6] Miwa, M. et al.: Rail Grinding for Shinkansen in Consideration of Wheel Contact and Vehicle Dynamics. In: J-Rail 2012, 2012. (Japanisch)
[7] Miwa, M.; Funada, T.: High speed running test and the new testing equipment for wheel/rail dynamic interaction. WCRR 2003 (CD ROM), 2003.

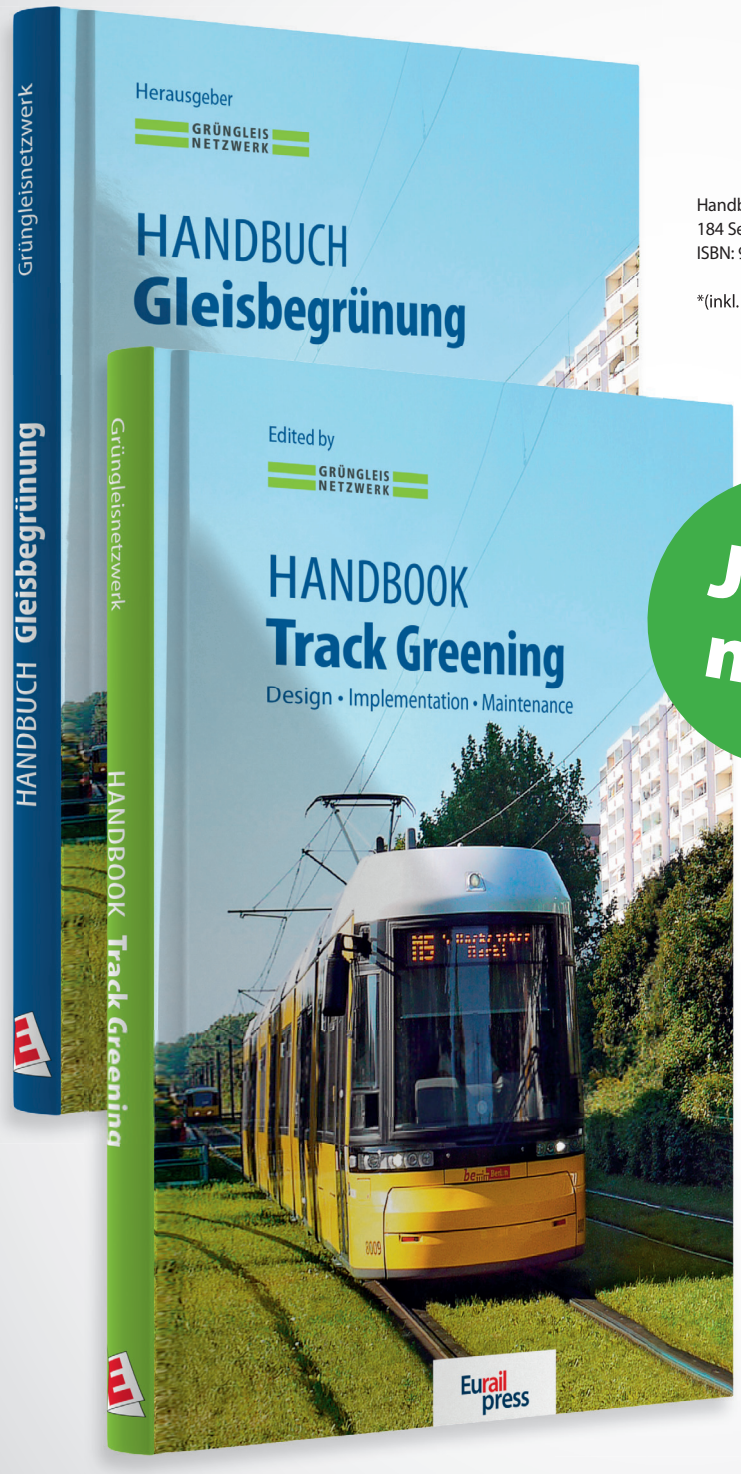
▶ SUMMARY

Fifty years of experience with ballasted track on the Tokaido Shinkansen line

The Tokaido Shinkansen, started operation as the world's first high-speed rail (V ≥ 200km/h), was celebrated 50 year anniversary in 2014. It is now called as "main artery of Japan", linking great cities such as Tokyo, Yokohama, Nagoya, Kyoto and Osaka. It plays very important roles in this transportation with high frequency and high volume. We are conducting track maintenance for punctual and comfortable transportation as well as for safety in consideration of "vehicle track interactions".

Handbuch **Gleisbegrünung**

Jetzt in englischer Übersetzung



Handbuch Gleisbegrünung
184 Seiten, Hardcover, Format: 165 x 240 mm,
ISBN: 978-3-87154-502-3, EUR 69,00*

*(inkl. MwSt., zzgl. Versandkosten)

Jetzt neu!

Nachhaltige Gleisbegrünungen erfordern die Berücksichtigung und Verknüpfung sowohl gleis- als auch vegetationstechnischer Kenntnisse und Erfahrungen. Systemwahl, Standortbedingungen und Pflegeaufwand stehen in einem engen Zusammenhang und sind in ihrer Gesamtheit zu betrachten.

Jetzt vorbestellen und 20% sparen!

Handbook Track Greening
ca. 200 Seiten, Hardcover, Format: 165 x 240 mm,
ISBN: 978-3-87154-576-4,
Jetzt nur EUR 54,90* - bis zum 26.11.2016, danach EUR 69,–*

*(inkl. MwSt., zzgl. Versandkosten)

Jetzt bestellen unter www.eurailpress.de/greening16 • Telefon 040-2 37 14-440

Eurail press
DVV Media Group