

# Behandlung von Rissen und Abplatzungen bei Spannbetonschwellen

Das Schwellenrissvergussverfahren kann die Nutzungsdauer von beschädigten Spannbetonschwellen und der Festen Fahrbahn verlängern.

**GEORG GABLER | NORMAN KRUMNOW**

**Einer der häufigsten auftretenden Schäden bei Spannbetonschwellen (SBS) und der Festen Fahrbahn (FF) sind Risse, welche aus einer Vielzahl von Einflüssen resultieren sowie Betonabplatzungen infolge mechanischer Einflüsse bei Oberbaumaßnahmen (Schotterpflug, Stopf-Richtarbeiten), beim Transport der SBS oder von entgleisten Rädern. Risse und Abplatzungen können die Gebrauchstauglichkeit von SBS oder von FF einschränken. Der Fachbeitrag erläutert im Überblick die Entwicklung und den Einsatz von SBS bei der Deutschen Bahn AG (DB) und zeigt eine technische und wirtschaftlich optimierte Lösung auf, um bestimmte Schäden, welche bei SBS und FF auftreten können, zu behandeln (Abb. 1).**

## Einleitung

Die Gleisinfrastruktur, welche sich aus den Gruben- und Werkbahnen seit ca. 200 Jahren entwickelt hat, besteht zum überwiegenden Teil im Streckennetz der DB und des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) in Deutschland als Schottergleis. Der Aufbau solch eines Schottergleises besteht aus den recht einfachen und verhältnismäßig kostengünstigen Komponenten Schiene, Schwelle, Schotter und Schienenbefestigungsmitteln. Diese Komponenten wurden in den letzten Jahrzehnten weitestgehend standardisiert und werden stetig durch die Bahnindustrie und die Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) weiterentwickelt. Bezogen auf das Konstruktionsprinzip des Schotteroberbaus haben die Schwellen die Aufgabe, die statischen und dynamischen Lasten bzw. Kräfte aus der Schiene und den Schienenbefestigungsmitteln aufzunehmen und sicher in den Schotter abzutragen. Hierbei haben sich durch die steigenden Anforderungen an das Gleis (wie z.B. durch höhere Geschwindigkeiten, Achslasten, Fahrkomfortansprüche und Zugfolge) seit etwa den 1960er Jahren SBS und FF als zuverlässige Gleisbaukomponenten etabliert.

## Entwicklung, Konstruktion, Herstellung, und Anteil der SBS

Die ersten Versuche, eine SBS zu konstruieren und im Streckennetz des Deutschen Reiches

einzusetzen, gehen auf das Jahr 1884 zurück. Die damals entwickelte konstruktive Lösung konnte jedoch den Anforderungen aus den Witterungseinflüssen in Verbindung mit den einwirkenden Lasten aus dem Eisenbahnverkehr nicht gerecht werden. Im Weiteren wurde in den 1930er und 1940er Jahren die Entwicklung des Spannbetons vorangetrieben, und nach dem Ende des zweiten Weltkrieges gelang aufgrund von Mangel an Holzrohstoff zwischen 1950 und 1970 der Durchbruch zum Einsatz von SBS im Streckennetz der damaligen Deutschen Bundesbahn, der Deutschen Reichsbahn auf dem Gebiet der DDR und in den Netzen des ÖPNV. Diese damals produzierten und verwendeten SBS hatten, bedingt durch verschiedene Hersteller, keine standardisierten geometrischen Abmessungen. Vielmehr gab es eine Vielzahl von SBS, welche alle mit dem K-Oberbau, d.h. einem Schienenbefestigungssystem mit Rippenplatte, ausgestattet waren. Einen maßgeblichen Einfluss auf die Gestaltung und jetzigen geometrischen Abmessungen der SBS hatte der Wechsel vom K-Oberbau zum W-Oberbau [1]. Die SBS der Bauform B70 der DB Netz AG (DB Netz) hat eine Länge von 2600 mm, eine Höhe von 210 mm und eine Breite an der Unterseite von 300 mm [2] und wird bis zu Geschwin-

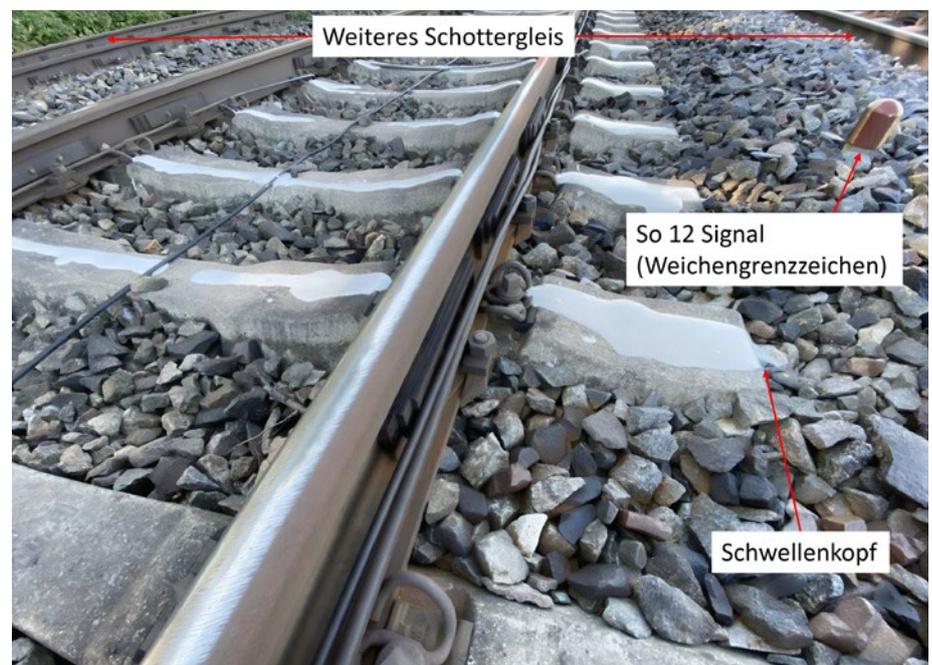
digkeiten von 250 km/h eingesetzt. Bei höheren Geschwindigkeiten setzt die DB Netz die SBS der Bauform B07 ein, die im Vergleich zur B70 eine größere Schwellenauflagerfläche hat. Die Herstellung der SBS erfolgt in Deutschland und weltweit als industriell produziertes Betonfertigteil. Es gibt drei verschiedene Produktionsverfahren für die Herstellung von SBS:

- Sofortentschalverfahren mit nachträglichem Verbund
- Spätentschalverfahren mit sofortigem Verbund ohne Endverankerung
- Spätentschalverfahren mit sofortigem Verbund und Endverankerung [1].

Das Streckennetz der DB umfasst ca. 80 Mio. Schwellen. Davon beträgt der Anteil von SBS im Gleis ca. 78 % und von Spannbetonweichenschwellen (SBWS) ca. 46 % (Stand 2017) [3]. Die verbleibenden 20 % im Streckennetz (ca. 14 200 km) wurden mit Holz-, Stahl- oder Kunststoffunterschwellung oder in einer Bauart der FF hergestellt.

## Risse und Schäden an SBS

Risse an SBS und SBWS im Schottergleis oder Risse im Beton einer FF können die Nutzungsdauer von Schwellen maßgeblich beeinflussen. Folgende Risse werden unterschieden:



**Abb. 1:** Draufsicht auf ein Schottergleis mit mittels SRV-Verfahren sanierten SBS

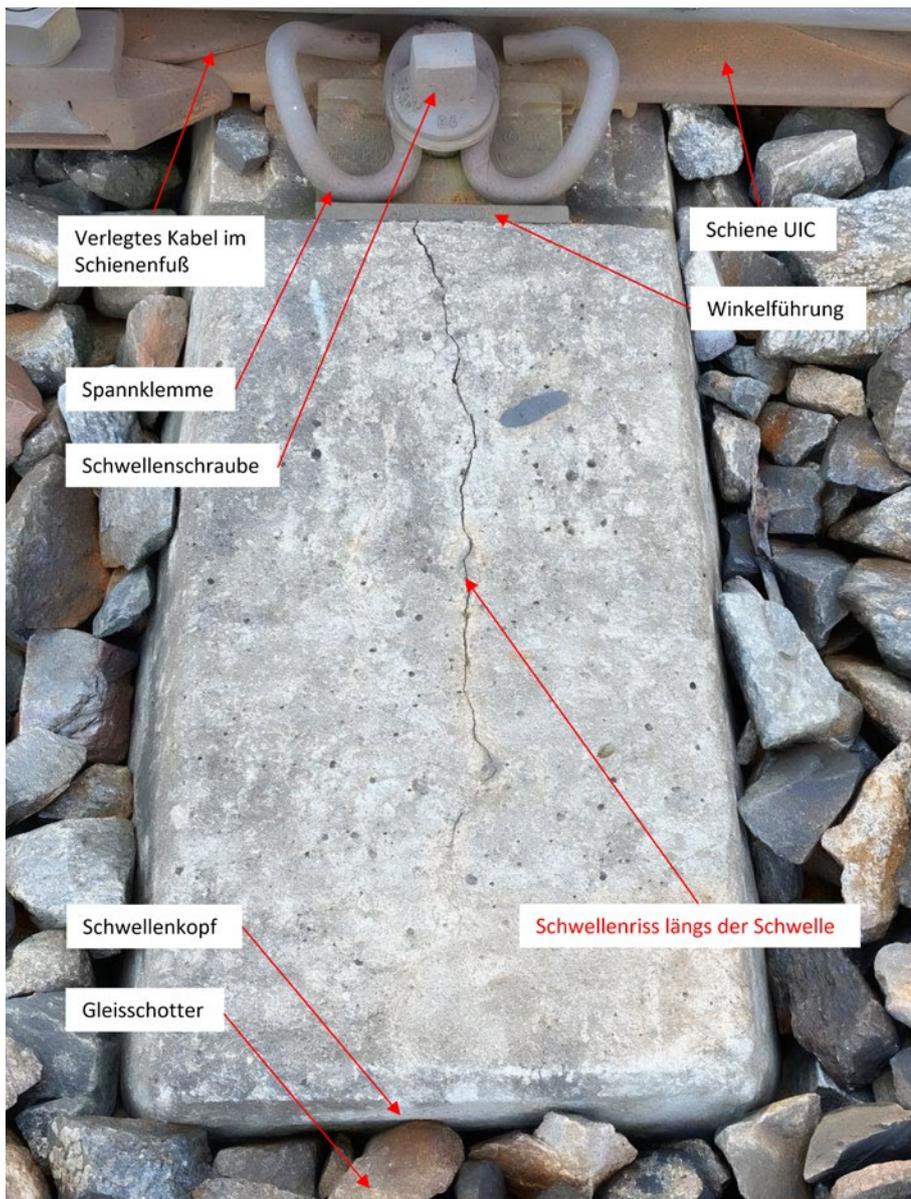


Abb. 2: Draufsicht auf einen Spannbetonschwellenkopf mit Schwellenriss

- Längsriss (Abb. 2),
- Dübelriss,
- Sickenriss,
- Querriss/Biegeriss,
- Verbundriss,
- Kopfriss und
- Treibriss [4].

Neben Schwellenrissen können in einer FF auch Risse im Füllbeton oder offene Fugen zwischen Füllbeton und Schwelle auftreten.

Um geeignete Maßnahmen ableiten zu können, werden bei der DB Netz die Risse an SBS und FF gemäß Richtlinie (Ril) 821.2018 [4] nach abnehmenden Fehlerstufen (FS) beurteilt:

- FS1, Verlust der Tragfähigkeit
- FS2, Rissbreite > 0,5 mm bzw. > 1,0 mm
- FS3, Rissbreite ≤ 0,5 mm bzw. ≤ 1,0 mm.

Für die Inspektion der FF und der auftretenden Betonrisse erfolgt die Beurteilung gem. Ril 821.2003Z05 und die Instandsetzung gem. Ril 824.0101Z01.



Abb. 3: Draufsicht auf eine Betonschwellenweiche mit Abplatzungen

In der Ril 821.2018 sind auch der Zeiträumen für die Beseitigung oder weitere Maßnahmen hinsichtlich der Risse festgelegt.

Schäden an SBS und SBWS können auch durch mechanische Einwirkungen im Rahmen von Arbeitsverfahren des Oberbaus entstehen. Auch Ausbrüche (Abb. 3) und als Folge freiliegende Bewehrungsstäbe (z.B. durch Entgleisungen) oder Verankerungsstäbe sowie sonstige Fehler (Schwindriss, raue und porige Betonoberflächen, Abrieb/Abplatzungen/Schleifspuren) können die Nutzungsdauer einer Schwelle herabsetzen.

### Entwicklung und Etablierung des SRV-Verfahrens

Treten Fehler oder gar eine Beschädigung an einer SBS auf, muss der Anlagenverantwortliche (ALV) entsprechende Maßnahmen einleiten, um die Gebrauchstauglichkeit aufrecht zu erhalten. Die Risse werden anhand der gültigen Richtlinien der DB beurteilt und entsprechende Maßnahmen abgeleitet. Risse der Fehlerstufen FS2 und FS3 können gemäß Ril 824.3620 [5] u.a. mit dem Schwellenrissverguss (SRV)-Verfahren behandelt werden. Die Idee zur Entwicklung eines Reparatur- und Instandhaltungsverfahrens für SBS und FF wurde in den Jahren 2000 bis 2004 u.a. durch Ingenieure der Rhombeg Sersa Rail Group (RSRG) vorangetrieben, nachdem gerissene SBS und SBWS im Schottergleis und der FF ab dem Jahr 2000 im Streckennetz der DB gehäuft auftraten [6]. Der Fokus lag dabei auf der Entwicklung einer effektiven und wirksamen Sanierungsmethode. Maßgabe war die Behandlung von Rissen in möglichst kurzer Zeit (< 1 Minute je Betonriss) unter dem „Rollenden Rad“, selbstverständlich unter Berücksichtigung der einschlägigen Arbeits- und Sicherheitsbestimmungen wie u.a. der Einrichtung einer Langsamfahrstelle (Abb. 4). Mit dieser Zielstellung wurde ein Vergussma-



Abb. 4: Sanierungsarbeiten mit dem SRV-Verfahren unter dem „Rollenden Rad“



Abb. 5: Händischer Verguss eines Dübelrisses



Abb. 6: Einsatz des SRV-Verfahrens zur Sanierung von Abplatzungen

terial entwickelt, dessen Eindringtiefe abhängig von der Rissbreite ist. Die Eindringtiefe des Vergussmaterials beträgt ca. das 10-fache der Betonrissbreite und versiegelt und konserviert den Riss durch eine hochfeste Brücke gegen eindringende Feuchtigkeit. Durch diese Versiegelung wird eine ansonsten zu befürchtende Korrosion der Bewehrung bzw. der Spannstähle in der Schwelle unterbunden, und somit kann die Nutzbarkeit des Gleisabschnittes um mindestens vier Jahre verlängert und die Erneuerung entsprechend hinausgeschoben werden. Um die entsprechenden Materialkennwerte des Verfahrens und seine Gebrauchstauglichkeit zu überprüfen, wurden in Zusammenarbeit mit der Fa. RailOne GmbH entsprechend den gültigen Richtlinien der DB und den anerkannten Regeln der Technik die notwendigen Untersuchungen an Probekörpern vorgenommen. Dazu wurden an den behandelten Probekörpern Biegezugprüfungen durchgeführt. Die Prüfung galt als bestanden, wenn bei mindestens 80 % der Probekörper eine neue Bruchfläche entstand und die mit dem SRV-Verfahren sanierte Fläche der SBS ohne Veränderungen blieb. Nachdem diese Forderung durch die Prüfungen erfolgreich nachgewiesen werden konnte, war die Gebrauchstauglichkeit des Verfahrens bewiesen. Im Weiteren wurden mit den Fachingenieuren der DB die ersten Gespräche zur Erprobung des entwickelten Verfahrens unter eisenbahnspezifischen Bedingungen geführt. Die ersten drei Anwendungen im Streckennetz der DB erfolgten in dem Zeitraum von November 2011 bis April 2012 im Bahnhof (Bf.) Minden (Westfalen) an den Weichen Nr. 8 und 9 und im Bf. Rheydt (Nähe Mönchengladbach) an der Weiche Nr. 14, bei denen in Summe 300 Betonrisse in 240 SBWS saniert wurden, sowie im Bf. Bad Bentheim, wo 32 SBWS Schäden aufwiesen (Abb. 3) und saniert wurden. Bei den zuerst genannten drei Sanierungsmaßnahmen wurde vom Fachdienst der DB eine jährliche Begutachtung der versiegelten Betonrisse vorgenommen, um ggf. eine Vergrößerung oder ein Anwachsen von Rissbreiten zu erkennen. Hierbei wurden über einen Zeitraum von fünf Jahren, auch nach mehrmaligem maschinellem Stopfen und Richten der Gleis- und Weichenanlagen, keine Veränderungen an den sanierten Betonrisse oder weitere fortschreitende Betonschädigungen mit Auswirkungen auf die Tragfähigkeit der SBWS festgestellt. Das Verfahren hat somit seine technologische sowie betriebliche Machbarkeit und Zuverlässigkeit für das EIU erfolgreich nachgewiesen. Aufgrund der guten Ergebnisse im Schottergleis und der FF wurde das Verfahren von der DB im Jahr 2018 zur Betriebserprobung freigegeben und im Jahr 2020 in die Ril 824.3620Z01 als von der DB freigegebenes technisches Sanierungsverfahren aufgenommen.

#### Herstellungsmethode

Vor dem Einsatz im Streckennetz eines EIU muss die technische und wirtschaftliche



Abb. 7: Überfahrt eines Güterzuges unmittelbar nach dem Einsatz des SRV-Verfahrens

Machbarkeit geprüft werden. Diese Prüfung erfolgt durch eine optische Begutachtung der Schadschwellen im Schottergleis oder in der FF durch den verantwortlichen Vertreter der RSRG in Zusammenarbeit mit dem Vertreter des EIU unter Beachtung der geltenden Richtlinien. Vor allem die Einordnung der Fehlerstufen (FS, s.o.) der Betonrisse ist für eine technisch erfolgreiche Ausführung des Verfahrens entscheidend, um den EIU eine Liege- und Nutzungsverlängerung der betreffenden Gleisabschnitte garantieren zu können. Um den weiteren Aufwand für die Reparatur- und Instandhaltungsmaßnahmen mit dem SRV-Verfahren zu ermitteln, werden alle Schäden an den Betonschwellen aufgenommen und in der weiteren Vorbereitung der Sanierung ausgewertet, um die erforderlichen Kapazitäten an Personal, Geräten und Material bereitzustellen. Die Ausführung des Verfahrens für die Versiegelung und Konservierung der Betonrisse erfolgt wie folgt:

1. Detaillierte Vor-Ort-Kennzeichnung der zu vergießenden Risse vor der Ausführung
2. Temperatur- und Feuchtemessung (Verarbeitungstemperaturbereich von 5 °C bis 35 °C)
3. Ausräumen der Bettung an den Stirnseiten der zu vergießenden Schwellen
4. Ggf. Trocknung der Risse mittels Propan-Auftaegerät und gleichzeitigem Ausblasen von losen Kleinteilen aus den Betonrisse
5. Bei der Sanierung von Entgleisungsschäden ggf. Montage einer Abschalung
6. Manueller Verguss der Risse mit Icosit KC 220/60 TX und Quarzsand (Körnungsgrößenabhängig) bei einer Lufttemperatur von 5 °C (in Einzelfällen 0 °C) bis 35 °C. Die Trocknungszeit beträgt ca. 15–20 Minuten. Eine Zugüberfahrt während der Trocknungszeit ist möglich (Abb. 4 bis Abb. 6).

7. Betriebsfreigabe unmittelbar nach Beendigung der Arbeiten.

Die Rissbehandlung mit dem SRV-Verfahren kann ohne Sperrung und somit ohne wesentliche Betriebsbeeinträchtigung des Eisenbahnverkehrs ausgeführt werden (Abb. 7). Eine derartige Behandlung unter dem „Rollenden Rad“ trägt zu einer kapazitätsschonenden Instandhaltung der Gleise bei. Von RSRG wird eine Gewährleistung von vier Jahren für die ausgeführten Leistungen übernommen.

#### Zusätzliche Untersuchungen

Nach den ersten erfolgreichen Sanierungen von Betonrisse bei SBS, SBWS und FF in den Jahren 2011/2012 erfolgten zunächst weitere technische Gespräche mit der DB, um das SRV-Verfahren in die technischen Ril der DB aufzunehmen. Mit diesem Ziel wurde im Jahr 2014 eine Zusammenarbeit zwischen der DB und der Hochschule für Technik und Wirtschaft in Dresden (HTW) initiiert, bei der zwei unterschiedliche Betonschwellensanierungsverfahren (u.a. das beschriebene Verfahren) zu prüfen, zu begutachten und in einer wissenschaftlichen Arbeit darzulegen waren. Hierbei wurde die Aufgabe gestellt, eine „Instandhaltung geschädigter Betonschwellen unter geringstmöglicher Beeinträchtigung des Fahrbetriebes“ zu erreichen. Dafür wurden für die zwei verschiedenen Betonschwellensanierungsverfahren je zwei SBS (eine sanierte und eine unsanierte SBS) der Überprüfung unterzogen. Der Lösungsansatz (Stand 2014) war bis dahin, die geschädigten SBS und SBWS komplett auszutauschen. Hierfür sind neben Gleisperrungen mit Beeinträchtigungen des Eisenbahnbetriebes auch Bereitstellung und Einsatz von Stopf- und Richtmaschinen sowie weiterer Kapazitäten und Neumaterialien in erheblichem Umfang erforderlich. Der neue Lösungsansatz war, durch den Einsatz des Verfahrens

**HARTING Han®**  
PUSHING INDUSTRIAL CONNECTIVITY

**JETZT WEB-SEMINAR ANSEHEN**

„Sicherheit über die gesamte Lebensdauer.“

**Han® HPR HPTC – Speziell für Bahnanwendungen entwickelt.**

#### Hochleistungssteckverbinder für Transformatoren

- **Längere Lebensdauer** durch Han® HPR Standard-Metallgehäuse für raue Außenumgebungen
- **Zeitersparnis** durch einfache Installation und Abschirmung ohne Schrumpfen oder Tapen
- **Sichere Lösung** gemäß relevanter Bahnnormen (EN 50467, EN 50124-1, EN 61373, EN 45545, EN 60137)

One Range. No Limits:

[www.HARTING.com/hptc](http://www.HARTING.com/hptc)



## THEMENSCHWERPUNKTE:

### Ausgabe Nr. 10/22

- Zukunftsprogramm Schienengüterverkehr
- Digital & automated freight train
- Ökologische Ausgleichsflächen Entflechtung Wylerfeld
- Innovative Zweigetechnik
- Fahrassistenzsysteme – Klimaneutralität in der Hand des Lokführers
- Update zur Erneuerung der Zugsicherungstechnik der VGF
- Berufsorientierung ins Bahnsystem

Anzeigenschluss: 13.09.22

Erscheinungstermin: 14.10.22

### Ausgabe Nr. 11/22

- Vorplanung Pfaffensteigtunnel
- Beschleunigung der Disposition durch ein Traffic Management System (TMS)
- Wirtschaftlichkeit von ETCS
- CTMS Leittechnik
- Blöcke waren gestern – über die Chancen der zugzentrischen LST
- Schrauben am Gleis
- Aus Unfällen umfassend lernen: CAST
- Verfahren zur Sicherheitsnachweisführung bei DSTW

Anzeigenschluss: 13.10.22

Erscheinungstermin: 11.11.22

### Ausgabe Nr. 12/22

#### Berichtsheft von der InnoTrans

- Optimierung des Hauptbahnhofs Ulm
- Auswirkung der Einstiegssituation auf Haltezeit und Pünktlichkeit
- Entwicklung der Bauüberwachung bei DB Station&Service
- Alternative Antriebskonzepte
- Gleisinspektion durch Drohnen – erste Erkenntnisse
- Die praktische Einführung und Messung der Safety Culture

Anzeigenschluss: 09.11.22

Erscheinungstermin: 07.12.22



Abb. 8: Sanierte Schwellen in FF

eine Verlängerung der Liege-/Nutzungsdauer bis zur planmäßigen Schwellenauswechslung zu ermöglichen und so erhebliche monetäre Einsparungen in der Anlagenvorhaltung und im Betrieb zu erzielen. Bei den Untersuchungen wurde eine SBS mit einem mittels SRV-Verfahren sanierten Betonriss und gleichzeitig eine weitere SBS mit einem unsanierten Betonriss einer abwechselnd fünfmaligen Bewässerung und einem Frost-Tau-Wechsel von +20 °C/-20 °C unterzogen. Zum Abschluss der Untersuchungen wurden dann die sanierte SBS und die unsanierte SBS gemäß DIN 13230-2 mit 4 Mio. Lastwechsel (LW) bei einer maximalen Last von 70 kN je LW geprüft. Die Messergebnisse zeigten, dass bei dem unsanierten Betonriss ein kontinuierliches Risswachstum über die gesamte Länge erfolgte, während bei dem sanierten Betonriss kein Risswachstum und keine Vergrößerung der Rissöffnung festgestellt werden konnte. Die sanierte SBS zeigte nach den Belastungen keine Veränderungen des Verbundes zwischen Epoxidharz und der Betonfläche. Diese Untersuchungen sind zwar nicht repräsentativ, jedoch unterstreichen sie die gewonnenen Erkenntnisse zum Verfahren aus der Betriebserprobung der letzten Jahre.

#### Resümee

Seit mehr als zehn Jahren bewährt sich das SRV-Verfahren im Streckennetz der DB technisch und wirtschaftlich. Im Zuge der Sanierung von Betonrissen der FF konnten mehr als 5000 Risse erfolgreich behandelt werden (Abb. 8). Im Schottergleis wurden mehrere hundert SBWS in Weichen sowie mehrere tausend SBS im Gleis mit dem Verfahren versiegelt und saniert. Die Liege- und Nutzungszeiten der betroffenen FF, SBS und SBWS konnten um mittlerweile mehr als vier Jahre verlängert werden, was erhebliche Einsparungen im Millionen-Euro-Bereich für das Instandset-

zungsbudget des EIU bedeutete sowie eine deutliche Reduzierung der Einschränkungen der Verfügbarkeit der Schieneninfrastruktur. Somit stellt das Verfahren eine innovative, nachhaltige, qualitativ hochwertige und mittlerweile bewährte Sanierungsmethode für SBS im Schottergleis und in Weichen und sowie für die FF dar. ■

#### QUELLEN

- [1] Haban, F. X.: Theoretische und experimentelle Untersuchungen an Spannbetonenschwellen, 2016
- [2] Betonenschwellen, Feste Fahrbahn, Fertigteilplatten, Komponenten, Herausgeber: Betonenschwellenindustrie e.V., 2. Auflage 2017
- [3] Hentschel, V.: Fahrwegstrategie der DB Netz, 14.11.2017
- [4] DB Richtlinie 821.2018 „Oberbau inspizieren, Beurteilung von Fehlern an Spannbetonenschwellen“, gültig ab 15.10.2021
- [5] DB Richtlinie 824.3620 „Oberbauarbeiten durchführen, Risse in Spannbetonenschwellen im Schotteroberbau und der Festen Fahrbahn behandeln“, gültig ab 01.10.2020
- [6] Hempe, T.; Müller, T.; Srocka, F.: Qualitätsoffensive Betonenschwellen, DER EISENBAHNINGENIEUR, 06/2017



**Dipl. Ing. Georg Gabler**  
CEO  
georg.gabler@rsrg.com



**Dipl. Ing. (FH) Norman Krumnow**  
Prokurist, Leiter Innovation  
norman.krumnow@rsrg.com

Beide Autoren:  
Rhomborg Sersa Deutschland GmbH, Berlin