Mit Daten zur Entscheidung: Schotterbettreinigung im Dienst effizienter und verfügbarer Infrastruktur

Verschmutzter Schotter führt zu Gleislagefehlern und vermindert die Wirksamkeit von Stopfarbeiten. Eine nachhaltige Behebung ist meist nur durch die Erneuerung des Schotterbetts möglich. Schotterbettreinigungsmaschinen bieten hierfür eine besonders wirtschaftliche Lösung. Moderne Analysemethoden wie Georadar und Plasser TampingControl ermöglichen die gezielte Identifikation betroffener Gleisabschnitte.

Einleitung

Eisenbahngleise sind erheblichen mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt, die durch die einzelnen Systemkomponenten aufgenommen und in den Untergrund abgeleitet werden müssen. Das Schotterbett übernimmt dabei eine zentrale Rolle mit mehreren essenziellen Funktionen [1–3]:

i. Der Gleisrost wird in vertikaler, horizontaler und lateraler Richtung fixiert.
ii. Die inhärente Elastizität des Gleisschotters ermöglicht eine lastverteilende Wirkung auf mehrere Schwellen; die Kontaktpressung zwischen Schwelle und Schotter wird auf eine größere Fläche in Richtung Planum abgeleitet.
iii. Nivellieren–Heben–Richten–Stopfen ermöglichen eine einfache Korrektur der Gleislage.
iv. Die Porenräume zwischen den Schotterkörnern stellen die Entwässerung und Belüftung des Gleiskörpers sicher.

Neuwertiger, sauberer Gleisschotter kann diese Funktionen aufgrund seiner mechanischen Eigenschaften, der geometrischen Kornform sowie einer definierten Korngrößenverteilung optimal erfüllen. Im Verlauf der Nutzungsdauer kommt es jedoch zwangsläufig zu Veränderungen im Schotterbett. Die Abnutzung (Abrieb, Abplatzungen, Kornbruch) resultiert aus den hohen dynamischen Belastungen, während die Verschmutzung durch eine Kombination aus internem Materialabrieb und externen Einträgen verursacht wird (primär Infiltration von Feinanteilen aus dem Unterbau und durch die Oberfläche). Diese Prozesse – zusammenfassend als Schotterverschmutzung (Ballast Fouling) bezeichnet – führen zu einer Verschiebung der Sieblinie in Richtung feinerer Korngrößen [1,4]. In der Folge kommt es zu einer Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit des Schotterbetts: Die Elastizität nimmt ab, die Lastverteilung wird inhomogener, Setzungen treten vermehrt und ungleichmäßig auf, die Entwässerung beziehungsweise die Belüftung des Gleiskörpers werden eingeschränkt. Diese Effekte zeigen sich in Form von Gleislagefehlern und einer beschleunigten Verschlechterung der Gleislagequalität. Darüber hinaus ist die Wirksamkeit von Stopfarbeiten zur Gleislagekorrektur bei verschmutztem Schotterbett erheblich reduziert [5].

Bei Schottergleisen mit (besohlten) Betonschwellen ist das Schotterbett in der Regel die limitierende Komponente der Nutzungsdauer und somit von zentraler Bedeutung für die wirtschaftliche Betrachtung des Gleises. Aus diesem Grund inkludiert eine Gleiserneuerung, zumindest auf stark belasteten Strecken, in der Regel die Reinigung des Schotterbetts. Deren Wirtschaftlichkeit ist in solchen Fällen unumstritten, da nur mit intaktem Schotterbett ein voll funktionsfähiges Gleis (wieder-) herstellbar ist. Darüber hinaus kann die Schotterbettreinigung auch als singulä-

Wolfgang Alfanz, Msc
Director Sales, Rail Track Analyzer (RTA), D-München
wolfgang.alfanz@railtrackanalyzer.com

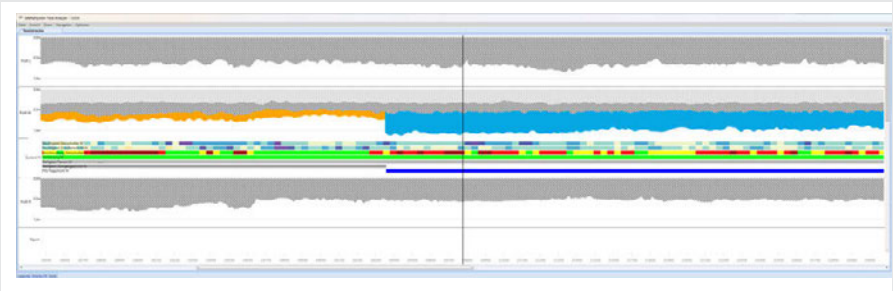
Dipl.-Ing. Bernhard Antony, B.sc.
Head of Technology Centre Purkersdorf, Plasser & Theurer, AT-Purkersdorf
bernhard.antony@plassertheurer.com

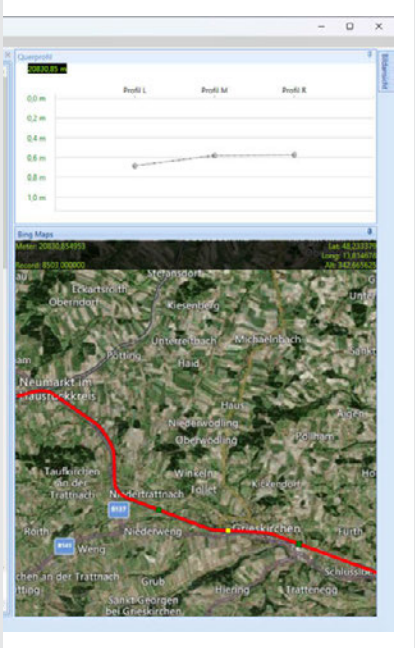
Thomas Gruber
Portfoliomanager, Plasser & Theurer, AT-Wien
thomas.gruber@plassertheurer.com

Dipl.-Ing. Dr. techn. Stefan Offenbacher
Forschungsingenieur, Plasser & Theurer, AT-Linz
stefan.offenbacher@plassertheurer.com

Benjamin Stuntner, MSc
Chief Revenue Officer, Track Machines Connected (tmc), AT-Linz
benjamin.stuntner@tmconnected.com

© DVV Media Group GmbH





1: RTA.Viewer, interpretierte Georadardaten aus drei Antennenprofilen mit Querprofil der Schotterunterkante

Quelle: RTA

re Instandhaltungsmaßnahme – ohne gleichzeitige Erneuerung des Gleisrosts – eine wirtschaftliche Option sein, insbesondere bei jungen Gleisen mit hoher strategischer Restnutzungsdauer [6] sowie bei (Betonschwellen-)Weichen.

Erkundung des Schotterzustands

Informationen aus verschiedenen Bereichen lassen Rückschlüsse auf den Bedarf einer Bettungsreinigung ziehen – von der Sichtprüfung durch regelmäßige Begehungen der Strecke über periodisch ausgeführte Gleisgeometriekorrektur mit verminderter Herstellbarkeit und Haltbarkeit bis zur Auswertung und Historie der Geometrie- bzw. Georadaraufzeichnungen elektronischer Messwagen.

Gleislage

Da die Qualität der (vertikalen) Gleislage maßgeblich durch das Schotterbett definiert wird [7], kann sie im Umkehrschluss als Indikator für dessen Zustand herangezogen werden. Neben der direkten Analyse der Gleislage stehen fortgeschrittene Methoden zur Verfügung, um aus dem Längshöhensignal gezielt Informationen über den Schotterzustand zu extrahieren. So ermöglicht beispielsweise die Fraktalanalyse eine differenzierte Zuordnung von Unebenheiten in der Gleislage zu Ursachen im Schotterbett oder im Unterbau [8,9]. Diese Erkenntnisse können als Grundlage für die Planung vertiefender Untersuchungen – etwa labortechnischer Analysen von Schotterproben – eine fundierte Entscheidungsbasis für gezielte Instandhaltungsmaßnahmen wie die Schotterbettreinigung schaffen.

Schotterschurf

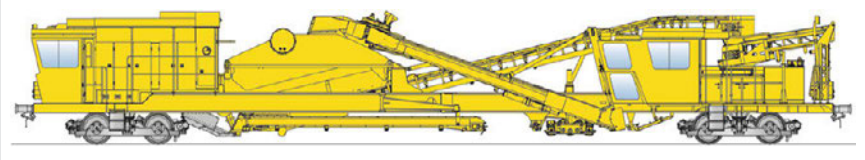
Ein Probeschurf zieht sich idealerweise über das gesamte Bettungsprofil, mit mindestens je einer Beprobung zu beiden Flanken und aus der Gleismitte, um fundierte Aussagen über den Grad und die Verteilung der Verunreinigung treffen zu können. Dabei bietet es sich auch an, das offengelegte Unterbauplanum auf seine Leistungsfähigkeit zu prüfen. Die Eingriffsschwelle zur Bettungsreinigung wird in der Fachliteratur mit einem Verschmutzungsgrad von ca. 25 bis Masse-% angegeben [10]. Ein Vorteil dieser Methode ist ein sehr genaues Ergebnis für diskrete Bereiche. Nachteile sind die Datenlücken zwischen den Schurfen, der große Aufwand für die Datenerhebung, der Eingriff in Ober- und Unterbau und der Einfluss auf den Regelbetrieb.

Georadar

Neben den traditionellen Methoden hat sich seit einigen Jahren zunehmend die Analyse mit dem Georadar/Ground Penetrating Radar (GPR) etabliert. Ein wesentlicher Vorteil liegt darin, dass mit GPR-Messsystemen ausgerüstete Fahrzeuge für die Datenaufnahme im laufenden Eisenbahnbetrieb mitfahren können, ohne diesen durch eine betriebliche Gleissperre zu stören. Die GPR-Datenerfassung ist eine nicht-destruktive Form der Schotterzustandserhebung und liefert im Vergleich zu Probeschurfen kontinuierliche Daten über den gesamten Streckenverlauf. Die Daten können mit dem RTA.GroundScanner bei Fahrtgeschwindigkeiten von bis zu 230 km/h aufgenommen werden.

Mit dem Georadar werden der Verschmutzungsgrad des Gleisschotters sowie Grenzen und Zustand der darunterliegenden Schichten erhoben. Indizieren die Auswertungen den Bedarf einer Bettungsreinigung, wird dieser durch Entnahme und

© DVV Media Group GmbH



2: Plasser ScreenLiner 2140 Quelle: Plasser & Theurer

Analyse von Probeschürfen verifiziert. Die erforderliche Anzahl und damit verbundene Kosten können mit GPR um den Faktor 5–10 reduziert werden. Darüber hinaus lassen sich mit GPR Wasseransammlungen, Hohlräume, Risse oder Setzungen erkennen und eine unüblich rasche Verschlechterung der Gleislage erklären. Die Ergebnisse werden zusammen mit dem RTA.Viewer (Abbildung 1), einer speziellen Visualisierungssoftware, für die Planer bereitgestellt. So liefert das GPR-System wesentliche Informationen für die Ableitung der richtigen, kosteneffizientesten Instandhaltungsmaßnahmen.

Plasser TampingControl

Stopfmaschinen der neuesten Generation erfassen während des Arbeitsprozesses eine Vielzahl an Messdaten, die wertvolle Rückschlüsse auf den Zustand des Oberbaus ermöglichen. Mit dem System Plasser TampingControl [11] wird der Schotterzustand während des Stopfvorgangs an jeder einzelnen Schwelle zuverlässig erfasst. Diese Information dient einerseits der automatisierten Anpassung der Arbeitsparameter an die lokalen Gegebenheiten des Schotterbetts. Andererseits entsteht dadurch ein kontinuierliches Screening des Schotterzustands entlang des bearbeiteten Streckenabschnitts, wodurch die Planung zukünftiger Inspektions- und Instandhaltungsmaßnahmen maßgeblich unterstützt wird [12].

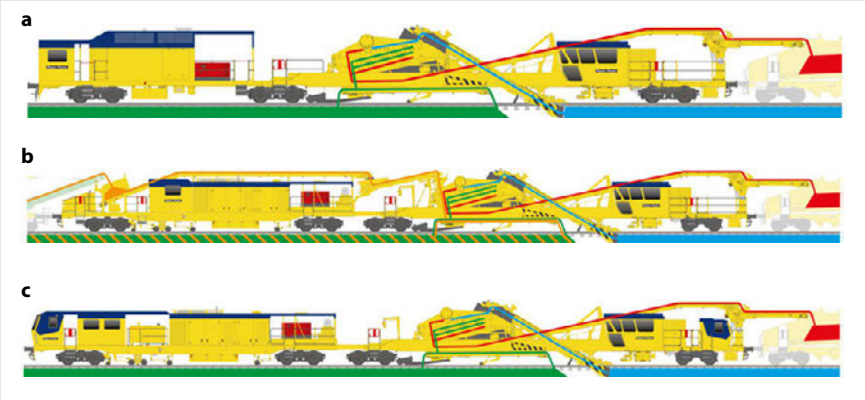
Methoden und Maschinen zur Schotterbettreinigung

Hat die Bedarfsermittlung ergeben, dass eine Schotterbettreinigung erforderlich ist, kann diese auf effiziente und wirtschaftliche Weise mithilfe einer Schotterbettreinigungsmaschine durchgeführt werden. Abhängig von den betrieblichen Anforderungen und dem erforderlichen Leistungsumfang stehen verschiedene Maschinensysteme zur Verfügung. Bei der Schotterbettreinigung wird der Schotter des gesamten Bettungsquerschnitts maschinell gereinigt. Die Maschine hebt den Gleisrost (Schiene und Schwelle) an, ohne diesen auszubauen, und fördert den verschmutzten Schotter mittels Räumkette aus dem Gleiskörper. Über ein integriertes Siebsystem erfolgt die Trennung des Aushubmaterials in Abraum und wiederverwertbaren Anteil. Der gereinigte Schotter wird anschließend wieder in das Gleisbett rückgefördert. Der anfallende Abraum wird über Bandfördereinrichtungen in optional bereitgestellte Materialförder- und Siloeinheiten (MFS-Wagen) abgeführt. Bei Unterschreitung der erforderlichen Schottermenge kann der fehlende Anteil durch Neuschotter ergänzt werden. Im Nachfolgenden werden die Maschinensysteme zur Schotterbettreinigung von Plasser & Theurer näher beschrieben:

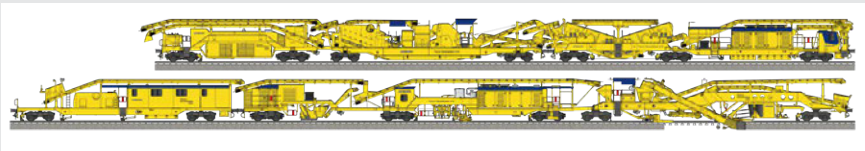
Plasser ScreenLiner 2000: Die Maschinenserie 2000 (Abbildung 2) umfasst die zentralen Funktionseinheiten einer Schotterbettreinigungsmaschine. Die einteilige Maschine ist mit einer Aushubeinrichtung, einer Siebanlage sowie einer Vorrichtung zum Wiedereintrag des gereinigten Schotters ausgestattet. Diese Komponenten ermöglichen einen kontinuierlichen Reinigungsprozess des Schotterbetts in einem Arbeitsgang.

Plasser ScreenLiner 3000: Die Maschinenserie 3000 stellt eine technische und funktionale Weiterentwicklung der bewährten ScreenLiner 2000-Baureihe dar. Das wesentliche Merkmal ist ein zusätzlich integrierter Antriebswagen mit voll ausgestatteter Werkstattkabine, die eine effiziente Durchführung von Wartungs- und Servicearbeiten direkt auf der Baustelle ermöglicht. Dies erhöht die Verfügbarkeit der Maschine und reduziert gleichzeitig die Standzeiten im laufenden Baubetrieb.

Je nach projektspezifischen Anforderungen kann der ScreenLiner 3000 (Abbildung 3) mit einer Neuschotterzufuhr ausgestattet werden, um Materialverluste während des Reinigungsprozesses gezielt zu kompensieren und die ursprüngliche Schotterprofilierung zu gewährleisten. Für die mechanische Stabilisierung des wiedereingebrachten Schotters steht optional ein Dynamischer Gleisstabilisator (DGS) zur Verfügung. Dieser regt durch horizontale Schwingungen die Kornumlagerung im Schotterbett an und sorgt für bessere Verdichtung sowie signifikante Reduktion



3: Beispiele der Plasser ScreenLiner 3000-Serie – (a) ScreenLiner 3120, (b) ScreenLiner 3120 L N Dynamic, (c) ScreenLiner 3140 L Dynamic Quelle: Plasser & Theurer



4: Plasser ScreenLiner 5220 N/P/T Quelle: Plasser & Theurer

© DVV Media Group GmbH

5: Plasser MultiLiner 3220 Tn Quelle: Plasser & Theurer

nachfolgender Setzungen. Zudem kann die Maschine mit einem integrierten Stopfaggregat ausgerüstet werden, das bereits unmittelbar nach der Bettungsreinigung einen ersten Hebe- und Stopfvorgang durchführt.

Zur lückenlosen Dokumentation der erbrachten Leistungen und Qualitätssicherung kann der ScreenLiner 3000 mit einer Messtechnik-Ausrüstung versehen werden. Diese erlaubt unter anderem die kontinuierliche Erfassung der Gleisgeometrie sowie der Daten zur Reinigung- und Schotterlogistik. Damit erfüllt die Maschine nicht nur höchste technische Ansprüche, sondern unterstützt auch eine datenbasierte, nachvollziehbare Baudokumentation gemäß aktuellen Infrastrukturstandards.

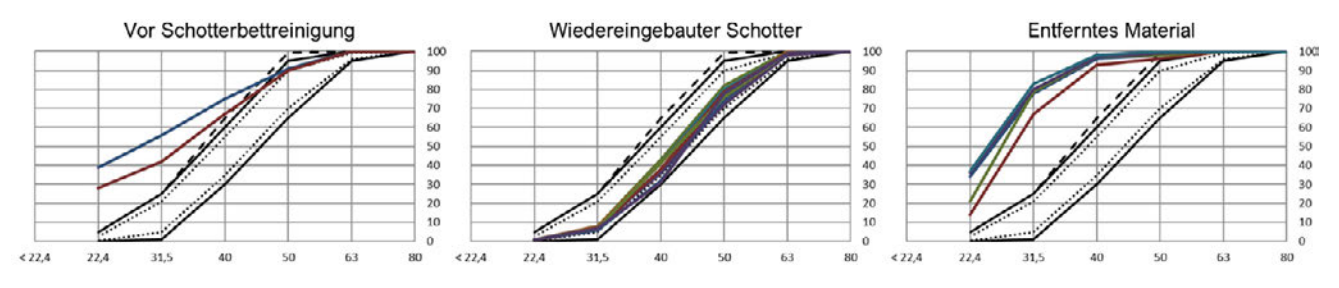
Plasser ScreenLiner 5000: Die Maschinenserie 5000 (Abbildung 4) erweitert das bisherige Konzept um eine integrierte Sektion zur Schotteraufbereitung. Neben der klassischen Trennung von Feinanteilen wird der ausgebaute Schotter in einer speziellen Brechanlage weiterverarbeitet. Dabei wird durch gezielten Kornbruch die ursprüngliche Kantigkeit der Schotterkörner wiederhergestellt, ein entscheidender Faktor für Stabilität und mechanische Verzahnung im Gleisbett.

Plasser MultiLiner: Der Plasser MultiLiner (Abbildung 5), auch bekannt als RUS 1000 S, erweitert die klassische Schotterbettreinigungsmaschine zu einem vollwertigen Gleisumbauzug und vereint damit mehrere Arbeitsschritte in einem durchgängigen Prozess. Das innovative Konzept integriert Schwellentransportwagen und -kräne sowie eine leistungsfähige Sektion für Schienen- und Schwellenwechsel, wodurch ein effizienter Austausch der Gleisbauelemente ermöglicht wird. Ergänzt wird das System durch eine integrierte Stopfeinheit, die unmittelbar nach dem Umbau eine mit 60 km/h befahrbare Gleislage herstellt. Damit bietet der MultiLiner eine durchgängige Lösung für den wirtschaftlichen und qualitativ hochwertigen Gleisumbau in einem einzigen Arbeitsgang. Die Zusammenlegung der Maßnahmen steigert die Streckenverfügbarkeit.

Ein zentrales Thema im Betrieb moderner Bettungsreinigungsmaschinen ist die Reduktion von Staubemissionen während des Reinigungsprozesses, insbesondere im Bereich der Sieb- und Förderaggregate. Zur Einhaltung arbeits- und umweltschutzrechtlicher Vorgaben setzen Maschinenhersteller zunehmend auf integrierte Staubbindesysteme. Plasser & Theurer bietet ein effektives Wassernebelsystem an, das gezielt im Bereich der Schotterförderer und Siebflächen eingesetzt wird. Die feine Wasservernebelung bindet aufgewirbelte Staubpartikel direkt an ihrer Entstehungsquelle, ohne den Schotter zu durchfeuchten oder die Reinigungsleistung zu beeinträchtigen. Das System lässt sich bedarfsgerecht steuern und sowohl für kontinuierlich arbeitende Großmaschinen als auch für kompaktere Varianten adaptieren. Die Staubniedernebelung erleichtert die Einhaltung der Feinstaubgrenzwerte gemäß einschlägiger Arbeitsschutzverordnungen

6: Kombination diverser Messgrößen zur Analyse des Schotterzustands und Ableitung geeigneter Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten Quelle: tmc

© DVV Media Group GmbH



7: Sieblinien des Gleisschotters vor und nach der Schotterbettreinigung sowie des entfernten Anteils (x-Achsen: Sieböffnungsweite [mm]; y-Achsen: Siebdurchgang in Masse-Prozent) Quelle: ÖBB

und verbessert auch die Sichtverhältnisse und das Arbeitsumfeld für das Bedienpersonal erheblich – ein wesentlicher Beitrag zu sicherem und nachhaltigem Maschinenbetrieb im Gleisbau [13].

Dokumentation der Arbeit und Nutzung der Daten für die Prognose der Zustandsentwicklung

Regelmäßig durchgeführte GPR-Messungen und -Auswertungen im Schienennetz lassen im Kontext mit der betrieblichen Streckenbelastung auf Abnutzung des Schottersschließen. Durch georeferenzierte Datenablage und Dokumentation (z. B. mit tmOS, RTA.Viewer) sowie Kombination mit weiteren relevanten Messgrößen wie beispielsweiße Gleisgeometrieparameter, können (Zeitreihen-)Analysen durchgeführt und vorausschauende Wartungsplanungen abgeleitet werden (Abbildung 6).

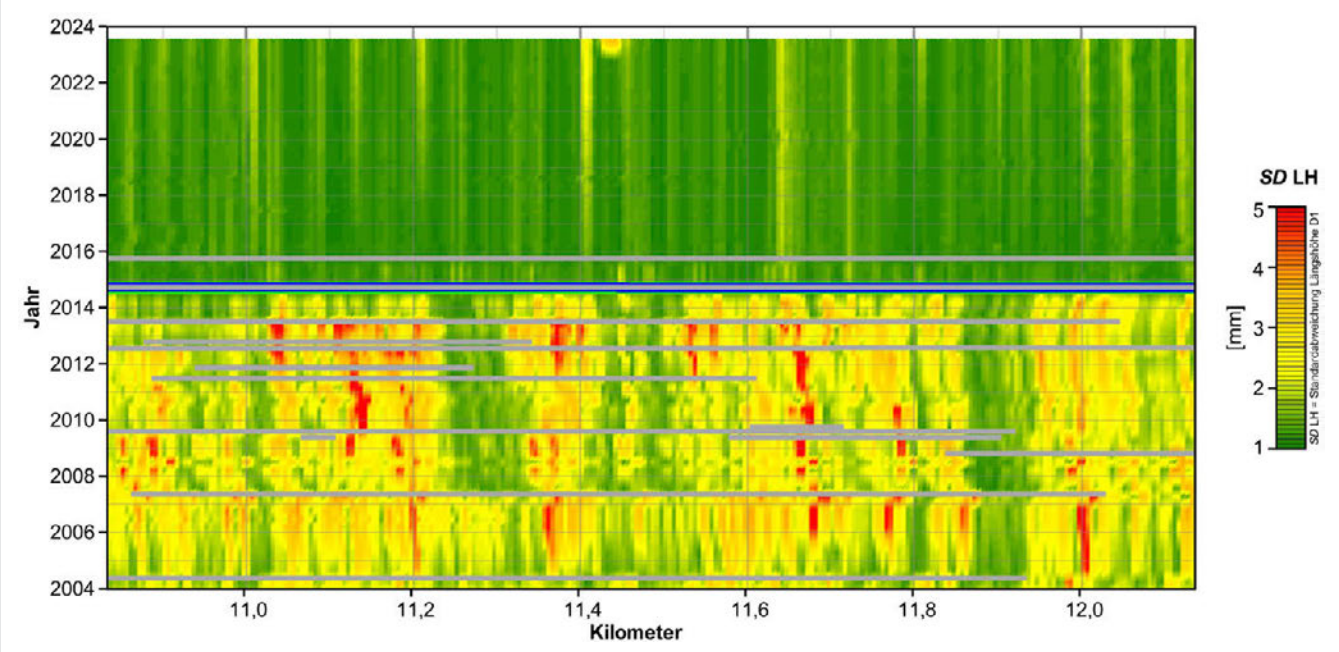
Auch die relevanten Arbeitsdaten aus der Schotterbettreinigung können aufgezeichnet und in tmOS dokumentiert werden. Parameter wie Räumtiefe, Pfeilhöhe, DGS-Auflasten, Aushubbreite, Vortriebsgeschwindigkeit, wiederverwertbarer Prozentteil oder hergestellte Querneigung geben detaillierte Einblicke in die Qualität der Arbeit und des Schotterbetts danach. Diese Daten können automatisiert von der Maschine in das Büro übertragen werden und stehen dort für die weitere Analyse bereit.

Während der Schotterbettreinigung werden auch Proben des gereinigten Schotters entnommen und analysiert. Abbildung 7 zeigt anhand der Gegenüberstellung der Sieblinien vor und nach der Reinigung, sowie des entfernten Materials, den positiven Einfluss der Maßnahme auf die Korngrößenverteilung.

Der größte Mehrwert kommt schließlich zum Tragen, wenn sämtliche Parameter zusammengeführt werden. Dadurch können Rückschlüsse auf die Korrektheit der Planung und Durchführung, die Langzeitqualität der Arbeit und eine noch bessere zukünftige Planung abgeleitet werden. Als Grundsatz gilt: Je mehr an aktuellen Daten aus diversen Quellen vorhanden ist, desto besser fallen die Ergebnisse der darauf basierenden Analysen aus.

Positive Auswirkung der Schotterbettreinigung auf die Entwicklung der Gleislage aus technischer Sicht

Die negativen Auswirkungen fortschreitender Schotterverschmutzung – darunter



8: Zeitliche Entwicklung der Gleislage vor und nach einer Schotterbettreinigung (mit Gleisneulage) Quelle: ÖBB

© DVV Media Group GmbH

reduzierte Gleiselastizität, differenzielle Setzungen und daraus resultierende Gleislagefehler – können temporär durch Stopfarbeiten kompensiert werden. Mit zunehmender Verschmutzung nimmt die Wirksamkeit und Nachhaltigkeit dieser Maßnahme deutlich ab, da abgerundete Schotterkörner und mit Feinanteilen gefüllte Porenräume die Bildung einer tragfähigen, stabilen Schottermatrix verhindern [14]. In der Folge verkürzen sich die Intervalle zunehmend, was zu steigenden Kosten und betrieblichen Einschränkungen führt.

Eine nachhaltige Verbesserung der Gleislagequalität ist erst durch Beseitigung der Ursache – die Reinigung und Erneuerung des Schotterbetts – möglich. Der positive Effekt dieser Maßnahme lässt sich exemplarisch anhand Abbildung 8 nachvollziehen: Im Zeitraum von 2004 bis 2014 war der betrachtete Gleisabschnitt durch eine insgesamt schlechte Gleislage (gelbe/orange Bereiche) sowie zahlreiche Einzelfehler (rote Stellen) gekennzeichnet. Zahlreiche Stopfarbeiten (graue Linien) führten aufgrund des beeinträchtigten Schotterzustands lediglich zu kurzfristigen Verbesserungen. Erst durch die umfassende Reinigung und Erneuerung des Schotterbetts – in diesem Fall einschließlich der Erneuerung des Gleisrosts – im Jahr 2014 wurde die Gleislagequalität dauerhaft verbessert. Abgesehen von einer Qualitätsstopfung im Jahr 2015 war in den darauffolgenden Jahren keine große Instandhaltungsmaßnahme mehr erforderlich.

In Bereichen, in denen nicht nur der Gleisschotter stark verschmutzt ist, sondern auch der Unterbau Defizite aufweist – etwa in Form geringer Tragfähigkeit, hoher Feuchtigkeit oder ausgeprägter Unstetigkeiten –, sollte(n) auch die Tragschicht(en) unter dem Schotterbett erneuert werden, beispielsweise mit dem Plasser Formation-Liner 5120 N/P/T. Nur so kann sichergestellt werden, dass der neue bzw. gereinigte Schotter auf einem tragfähigen und geometrisch optimierten Gleisplanum (Ebenheit, Querneigung) aufliegt. Dies ist eine grundlegende Voraussetzung dafür, die Lastabtragung und Entwässerung im Gleiskörper langfristig sicherzustellen [15].

Zusammenfassung und Ausblick

Das Schotterbett ist eine zentrale Komponente des Eisenbahnoberbaus, da es die Lage und Stabilität des Gleisrosts sichert, Lasten verteilt, Entwässerung ermöglicht und die Gleislage korrigierbar macht. Mit der Zeit verschlechtert sich jedoch seine Qualität durch Verschleiß und Verschmutzung, was die Funktionsfähigkeit beeinträchtigt. Moderne Diagnosemethoden wie Georadar und Plasser TampingControl ermöglichen eine präzise Bewertung des Schotterzustands und bilden die Grundlage für gezielte Instandhaltungsmaßnahmen wie eine Schotterbettreinigung.

Die Schotterbettreinigung ist eine effektive Maßnahme zur nachhaltigen Verbesserung der Gleislage. Spezialisierte Maschinen entfernen den verschmutzten Schotter, reinigen ihn und führen ihn wieder dem Gleisbett zu. Je nach Maschinentyp sind zusätzliche Funktionen wie Neuschotterzufuhr, Gleisstabilisierung oder sogar ein vollständiger Gleisumbau möglich. Durch die Wiederherstellung der Kornstruktur verbessern sich die Elastizität und Tragfähigkeit des Schotterbetts, was Setzungen reduziert, die Lastverteilung optimiert und die Intervalle der Instandhaltung verlängert. In Kombination mit einer Erneuerung der Tragschichten kann so eine dauerhaft stabile und wirtschaftliche Gleislage sichergestellt werden.

Ein datenbasierter Ansatz wird künftig eine immer wichtigere Rolle in der Instandhaltung von Eisenbahninfrastruktur spielen. Je mehr präzise und kontinuierlich erhobene Informationen – etwa durch Georadar, TampingControl oder digitale Maschinendokumentation – zur Verfügung stehen, desto fundierter können Entscheidungen getroffen werden. Dies ermöglicht über gezielte und bedarfsgerechte Planung hinaus auch die optimale Nutzung von Ressourcen. Voraussetzungen dafür sind regelmäßige Inspektionen der Infrastruktur sowie eine georeferenzierte Datenstruktur, die zeitlich und räumlich nachvollziehbare Analysen und Prognosen des Anlagenzustands erlauben. So werden wichtige Voraussetzungen für eine nachhaltige, wirtschaftliche und zukunftstaugliche Instandhaltungsstrategie geschaffen. •

Literatur

[1] Selig, E.T.; Waters, J.M. Track Geotechnology and Substructure Management; Thomas Telford, 1994, ISBN 9780727720139.
[2] Kuttelwascher, C.; Zuzic, M. Oberbauschotter – Kompendium für Österreich. EIK 2013.
[3] Klotzinger, E. Der Oberbauschotter: Teil 1: Anforderungen und Beanspruchung. ETR – Eisenbahntechnische Rundschau 01+02 2008, 34-41.
[4] Moaveni, M.; Qian, Y.; Boler, H.; Mishra, D.; Tutumluer, E. Investigation of Ballast Degradation and Fouling Trends using Image Analysis. Proceedings of the Second International Conference on Railway Technology: Research, Development and Maintenance.
[5] Offenbacher, S. Effective Railway Track Tamping: Evaluating Short-Term and Long-Term Impacts on Track Geometry and Monitoring Ballast Condition. Dissertation; TU Graz, Graz, 2025.
[6] Neuhold, J.; Landgraf, M. Schotterbettreinigung als Instandhaltungsmaßnahme?: Wirtschaftliche Auswertung auf Basis der Fraktalanalyse der vertikalen Gleislage. ZEVrail 06/07 2016, 232–238.
[7] Tennakoon, N.; Indraratna, B.; Nimbalkar, S. Impact of Ballast Fouling on Rail Tracks. Proceedings of the Second International Conference on Railway Technology: Research, Development and Maintenance.
[8] Hansmann, F.; Landgraf, M. Wie Fraktal ist die Eisenbahn? Fractal Analyses and their use in railway engineering. ZEVrail 11/12 2013, 462-470.
[9] Korenjak, A.K.; Offenbacher, S.; Marschnig, S. Schwachstellen im Schotter: Fraktalanalyse mit kurzer Einflusslänge. ZEVrail 9 2024, 148.
[10] Forschungs- und Versuchsamt des Internationalen Eisenbahnverkehrs. Einheitliche Beurteilungskriterien der Schotterqualität und Bewertungsmethoden des Schotterzustandes im Gleis: Bericht Nr. 2: Beurteilung des Schotterzustandes im Gleis, Utrecht, 1991.
[11] Koczwara, C.; Omerović, S. Die Phasen des Stopfprozesses und ihr Einfluss auf die Gleislage. EI – Der Eisenbahningenieur 9 2024, 55-59.
[12] Reschke, R.; Offenbacher, S.; ; Hellwagner, K.; Marschnig, S.; Koczwara, C. Stopfmaschinenbasierte Schotterzustandserfassung. ZEVrail 01/02 2024, 4-11.
[13] Auer, F.; Frenzel, J. Nebel statt Absaugung – Entwicklung einer innovativen Technologie zur Staubreduzierung. ETR – Eisenbahntechnische Rundschau 5 2025, 30-33.
[14] Barbir, O. Development of Condition-Based Tamping Process in Railway Eengineering - Operating Phases and Motion Behavior, Ballast Condition Determination, Ballast fluidization. Dissertation, TU Wien, Wien 2022.
[15] Landgraf, M.; Hansmann, F.; Marschnig, S.; Veit, P. Track Geometry and Substructure Conditions – a provable Correlation? GEORAIL 2014 Paris 2. International Symposium.

Summary

Using data to make decisions: Ballast bed cleaning in the service of efficient and available infrastructure

Contaminated ballast leads to track geometry faults and reduces the effectiveness of tamping work. A sustainable remedy is usually only possible by renewing the ballast bed. Ballast bed cleaning machines offer a particularly economical solution for this. Modern analysis methods such as Georadar and Plasser TampingControl enable the targeted identification of affected track sections.

© DVV Media Group GmbH