

Regenerative Schienenpflege bei Stadtbahnen

Ein Praxisbericht der Einsatzmöglichkeiten mobiler Hochleistungsfrästechnik bei Stadtbahnen anhand des Beispiels der Albtal-Verkehrs-Gesellschaft mbH

RICHARD STOCK | THOMAS RUPP |
JOHANNES WUNDERSAMER

Auch bei Stadtbahnen beeinträchtigen Verschleiß und Schädigung kontinuierlich die Schienenlebensdauer. Daher ist es notwendig, diesen Effekten mit gezielter Instandhaltung entgegenzuwirken, wenn ein vorzeitiger Schienentausch vermieden werden soll. Die Hochleistungsfrästechnologie eignet sich besonders auch bei Stadtbahnen für diese Aufgabe, da sie als einzige Instandhaltungstechnologie die Möglichkeit bietet, beinahe unabhängig vom Schädigungszustand die Schienen effizient in einen schädigungsfreien, neuwertigen Zustand zu versetzen.

Regenerative Schieneninstandhaltung

Die Lebensdauer von Eisenbahnschienen wird durch das Zusammenspiel von mehreren Faktoren des Rad-Schiene-Systems beeinflusst. Der dominierende Faktor ist natürlich die akkumulierte Belastung – wie viele Züge mit welchen Achslasten pro Zeiteinheit eine Strecke befahren. Darüber hinaus spielen noch andere Faktoren eine wichtige Rolle. Die verwendete Schienengüte beeinflusst über ihre Mikrostruktur und den daraus resultierenden Eigenschaften direkt das Verhalten der Schiene bezüglich plastischer Verformung, Verschleiß und Rollkontaktermüdungsschädigung (RCF, Rolling

contact fatigue). Die Profilpaarung zwischen Rad und Schiene wirkt sich auf das Laufverhalten der Fahrzeuge, aber auch auf die Verteilung der Spannungen und Schlüpfen im Rad-Schiene-Kontakt aus. Schienenflankenschmierung und Laufflächenkonditionierung¹ wirken sich positiv auf das Laufverhalten speziell im Bogen aus und bewirken eine Reduzierung der Kontaktspannungen zwischen Rad und Schiene. Mit diesen drei genannten Faktoren ist es möglich, die Zeit bis zur Bildung von Schädigungen zu verlängern bzw. das Schädigungswachstum zu verzögern. Der vierte Faktor in diesem komplexen und interagierenden System, die Schieneninstandhaltung, zielt auf die „Linderung“ von vorhandener Schädigung ab und wird auch zur Optimierung der Rad-Schiene-Profilpaarung verwendet. Durch die gesamtheitliche Optimierung dieser vier Faktoren ist es möglich, die Schienenlebensdauer unter den gegebenen Belastungsbedingungen zu maximieren.

In diesem Faktoren-System kommt der Schieneninstandhaltung eine besondere Bedeutung zu, da sie die einzige Möglichkeit darstellt, eine schon geschädigte Schiene von der Schädigung zu befreien und somit einen definierten Zustand wiederherzustellen. Es gibt dafür eine Reihe von Instandhaltungsstrategien wie die Neulagenbearbeitung, die

¹ Einstellung eines mittleren Reibwertes mithilfe eines Laufflächenkonditioniermittels [4]

zyklisch-präventive Instandhaltung, die korrektive Instandhaltung oder die regenerative Instandhaltung, die je nach Zustand der Schienen zur Anwendung gebracht werden können [1]. Speziell die regenerative Instandhaltungsstrategie (Abb. 1) nimmt hier eine Sonderstellung ein und wird nun im Folgenden genauer betrachtet und analysiert.

Im Falle einer regenerativen Instandhaltungsstrategie wird ein genau definierter Zustand der Schiene erzeugt. Etwaige Oberflächenschäden werden zu 100 % entfernt, und das Zielprofil der Schiene wird komplett wiederhergestellt. Diese Regeneration wird nahezu unabhängig vom Ausgangsschädigungszustand der Schiene erzielt. Dadurch unterscheidet sich dieser Ansatz von der korrektiven Instandhaltung, bei der ein möglichst fehlerfreier Schädigungszustand der Schiene erzielt werden soll, aber eine 100 %-Wiederherstellung meistens nicht möglich ist. Bei einer klassischen korrektiven Instandhaltung (mit konventioneller Schleiftechnologie) spielt der Ausgangszustand der Schienenoberfläche eine entscheidende Rolle. Technologische (Materialabtrag pro Überfahrt) und wirtschaftliche Beschränkungen (Zeit und Kosten) bestimmen die Möglichkeit, Fehler komplett zu entfernen und das Schienenprofil völlig wiederherzustellen. Daher bleibt bei korrektiver Instandhaltung oft eine gewisse Restschädigung in der Schienenoberfläche bestehen. Eine feh-

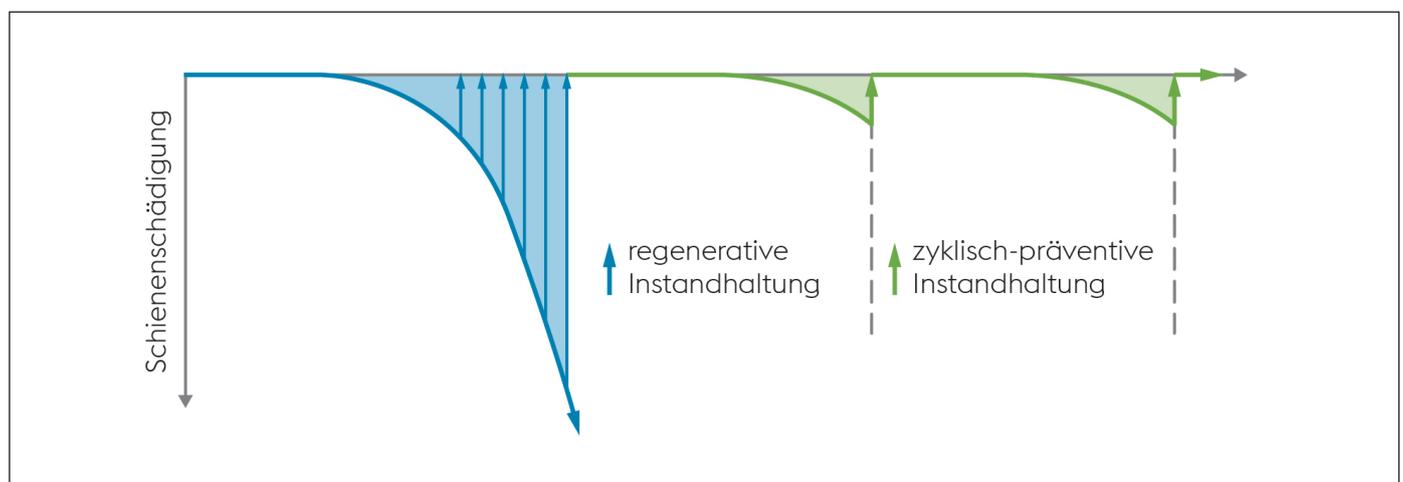


Abb. 1: Regenerative Instandhaltung: Wiederherstellung eines „Neuschienenzustandes“ beinahe unabhängig vom aktuellen Schädigungszustand der Schiene als Voraussetzung für eine zyklisch-präventive Instandhaltungsstrategie

Quelle: voestalpine



Abb. 2: Linsinger MG11 Schienenfräse der voestalpine Track Solutions Germany GmbH im Einsatz bei der Albtal-Verkehrs-Gesellschaft mbH (AVG)

Quelle: Linsinger

lerfreie Schiene (durch regenerative Instandhaltung oder Schienentausch) ist auch die Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche zyklisch-präventive Instandhaltungsstrategie, die darauf abzielt, einen fehlerfreien oder nahezu fehlerfreien Oberflächenzustand möglichst lange stabil zu halten.

Instandhaltungstechnologie

Für die Implementierung einer regenerativen Instandhaltungsstrategie ist die Hochleistungsfrästechnologie von Linsinger besonders geeignet. Die voestalpine Track Solutions Germany GmbH, ein Unternehmen der voestalpine Railway Systems Gruppe, erwarb 2020 eine mobile Schienenfräse vom Typ MG11 der neuesten Generation. Diese Hochleistungsfräse ermöglicht einen variablen Materialabtrag zwischen 0,1 mm und 1,2 mm in einer Überfahrt und eignet sich dadurch neben der regenerativen Instandhaltung auch für die Anwendung bei allen anderen gängigen Instandhaltungsstrategien. Sie verfügt über ein Spänebunkervolumen, das auf eine Bearbeitungsdauer von 2-3 Stunden ausgelegt ist. Der Spänebunker ist kippbar und kann auf beide Seiten der Maschine entleert werden. Die Frässpäne stellen ein sortenreines Recycling-Produkt dar und bieten für den Kunden einen finanziellen wie umwelttechnischen Mehrwert. Natürlich verfügt die MG11 auch über alle anderen Vorzüge dieser Frästechnologie (Funkenfreiheit, Staubfreiheit, geringe Lärmentwicklung, höchste Profildgenauigkeit) [2]. Gegenüber den Vorgängerversionen verfügt diese Fräse über eine verbesserte Kühlleistung für den Einsatz unter ungüns-

tigen Tunnelverhältnissen sowie über eine Querspielbegrenzung zum Fräsen in überhöhten Gleisbögen. Es ist die erste Maschine dieses Typs, welche auch über das Linsinger Weichenfräsmodul verfügt. Zusätzlich sind die Fahrerkabine nun mit zwei Sitzen ausgestattet, und die Fräse verfügt über ein WIFI-Modul zur Live-Übertragung von Messergebnissen an den Maschinenbediener. Da-

rüber hinaus ist die MG11 die weltweit erste Fräsmaschine, die auch als reine Wasserstoffversion verfügbar ist [3].

Anwendungsfall Karlsruhe

Die Albtal-Verkehrs-Gesellschaft mbH (AVG) betreibt ein Liniennetz aus Buslinien und Stadtbahnen im Großraum Karlsruhe und Heilbronn. Das Stadtbahnnetz der AVG

SKL-F

Die Schienenfräse

- * leistungsstark
- * kompakt
- * preiswert
- * vielseitig



bremermaschinenbau.de

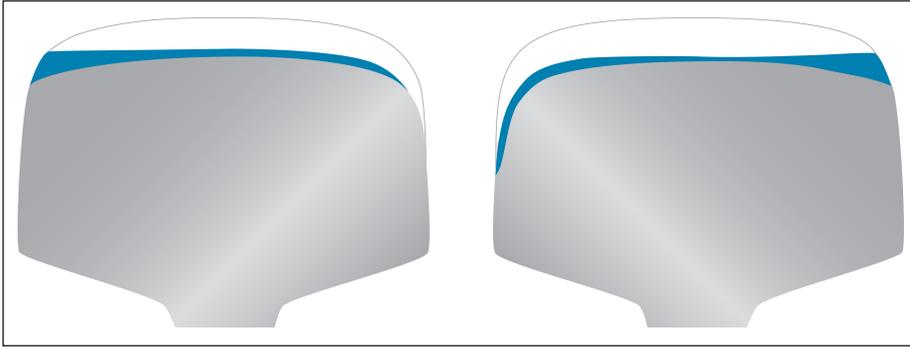


Abb. 3: Materialabtrag und finales Fräs-/Zielprofil (silber) für bogeninnen (links) und bogenaußen (rechts). Schiene im Vergleich zum verschlissenen Ausgangsprofil (blau) und zum Neuschienenprofil (graue Linie)
Quelle: voestalpine

zeichnet sich durch eine Reihe von Besonderheiten aus. Beispielsweise ist es bundesweit das erste Stadtbahnnetz, das als Zweisystem-Stadtbahn betrieben wird (Regionalstadtbahn bzw. „TramTrain“). Im innerstädtischen Bereich von Karlsruhe sind die Bahnen als klassische Straßenbahn nach BO-Strab (Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen) unterwegs. Sobald die Bahn das Stadtgebiet verlässt, verbindet sie umliegende Orte als S-Bahn unter anderem auf DB-Strecken gemäß EBO (Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung). Dieses Konzept beinhaltet auch zwei verschiedene Strom-

systeme, je nachdem auf welchen Streckenabschnitten eine Bahngarnitur unterwegs ist. Kerngedanke ist der umsteigefreie Verkehr von der Region direkt in das Stadtzentrum. Mit diesem innovativen Konzept ist es der AVG möglich, den in der Region ständig wachsenden Bedarf nach öffentlichem Personennahverkehr zu decken und das Angebot entsprechend attraktiv zu gestalten. Wie jedes Stadtbahnssystem ist auch die AVG mit einer gewissen Schienenschädigung konfrontiert, wie z. B. plastischer Profilverformung, Schienenverschleiß, der Ausbildung von RCF-Defekten sowie Schlupfwellen (periodische

Verschleißeffekte auf der Lauffläche der Schienen im Bogen). Um einen vorzeitigen Schienentausch zu vermeiden und um einen „Neustart“ der Schienenlebensdauer auszulösen, entschied sich die AVG dazu, das Konzept der regenerativen Instandhaltung anzuwenden. Mithilfe eines speziell für diesen Einsatz entwickelten Logistik-Konzeptes ist es gelungen, innerhalb von nur zwei Wochen effizient ca. 20 km Gleise zu regenerieren. Aufgrund ihrer Kompaktheit konnte die MG11 Schienenfräse auf einem speziellen Tieflader angeliefert werden, von dem die Maschine direkt auf ein eingedecktes Gleis „rollt“ (Abb. 2). Ein Kran ist für den Entladevorgang somit nicht nötig. Das Logistik-Konzept umfasste auch einen speziellen Ablauf hinsichtlich Fräserwechsel und Entleerung des Spänebunkers, um so die Schichtleistung zu maximieren. Im Durchschnitt wurden 1 mm Material in einer Überfahrt abgetragen. Dieser Materialabtrag wird in Referenz zum höchsten Punkt des Ausgangsprofils gemessen (Abb. 3). An der Fahrkante und an der Innenseite der Schiene sind abhängig vom Ausgangsprofil dabei deutlich höhere Materialabträge erzielbar. Vor- und nachlaufende Messarbeiten für Quer- und Längsprofil sowie Höhenabtrag dokumentieren die erbrachte Leistung und sind die Basis für die Abnahme der Fräsarbeiten.



Abb. 4: Fräsarbeiten in einem engen Bogen ($R < 100\text{ m}$) bei AVG. Die dazugehörigen Schienenprofilmessungen sind in Abb. 3 dargestellt.

Quelle: voestalpine

Durch dieses Alleinstellungsmerkmal der Frästechnologie ist es möglich, oft in nur einer Überfahrt das Zielprofil zu 100 % wiederherzustellen (zu regenerieren). Manche Gleisabschnitte der AVG wiesen Schädigungen bis 3 mm Tiefe auf, wodurch es nötig war, in diesen begrenzten Bereichen bis zu drei Überfahrten durchzuführen, auch wenn das Zielprofil schon nach einer Überfahrt eingestellt werden konnte. So war es möglich, auch tiefere Oberflächenfehler vollständig zu entfernen. In einigen Ortsdurchfahrten verfügt die AVG über sehr enge Gleisbögen mit Radien < 100 m; auch diese konnten mit der Fräse problemlos durchgängig bearbeitet werden (Abb. 4). Der Fräsprozess erzeugt eine Oberflächenqualität mit geringer Rauigkeit, die die Anforderungen der Norm EN 13231 deutlich übertrifft.

Schienenpflege mit System

Der Einsatz bei der AVG ist nur eines von vielen Beispielen, bei denen die Linsinger Frästechnologie erfolgreich zur Regeneration von Schienen eingesetzt wird. Mittlerweile sind weltweit fast 60 mobile Schienenfräsen bei verschiedensten Eisenbahnsystemen erfolg-

reich im Einsatz, und das nicht nur für regenerative Strategien. Für voestalpine Railway Systems ist es wichtig, als Systemanbieter den Kunden über den ganzen Lebenszyklus des Fahrweges hinweg optimal betreuen zu können. Von den oben erwähnten Systemfaktoren, die die Lebensdauer von Schienen maßgeblich beeinflussen, konnten durch den regenerativen Einsatz der MG11 bei der AVG das Zielprofil und die Fehlerfreiheit der Schienen im Rahmen der Fräskampagne gezielt und definiert eingestellt werden. Mit der MG11 steht den Kunden von voestalpine Railway Systems somit ein vielseitiges, effizientes und umweltfreundliches Werkzeug zur Verfügung, mit dem der Lebenszyklus von Schienen in Gleisen und Weichen nachhaltig verlängert werden kann. ■

QUELLEN

- [1] Stock, R.: Fräsen als zentraler Teil der Schieneninstandhaltungsstrategie, Eisenbahn Ingenieur Kompendium (EIK) 2020, S. 49-65
 [2] Stock, R.; Hainbucher, J.: Erfolgreicher Einsatz der Frästechnologie bei GVB Amsterdam, EI – DER EISENBAHNINGENIEUR 2/2019, S. 52–54
 [3] Hoffman, S.; Haselsteiner-Rafetseder, P.; Stock, R.: Alternative Antriebskonzepte für Schienenfräs-Technologie, EI – DER EISENBAHNINGENIEUR 2/2021
 [4] Stock, R., Beck, M.: Reibwertoptimierung zwischen Rad und Schiene – ein nachhaltiger Lösungsansatz für das Schlupfwellenproblem, ZEVrail, 2014 (Jahrgang 138), Ausgabe 11/12, S. 470-476



Dipl.-Ing. Dr. mont. Richard Stock
 Milling Technology Manager
 Linsinger GmbH, CA-Vancouver
 r.stock@linsinger.com



Dipl.-Ing. Thomas Rupp
 Leiter der Abteilung
 Infrastruktur-Instandhaltung
 Stellv. Betriebsleiter BOStrab
 Stellv. Eisenbahnbetriebsleiter AVG/VBK
 Albtal-Verkehrs-Ges. mbH, Karlsruhe
 thomas.rupp@avg.karlsruhe.de



Dipl.-Ing. Johannes Wundersamer
 Vertriebsleiter Mobiles Fräsen & Schleifen
 voestalpine Track Solutions
 Germany GmbH, Brandenburg a.d.H.
 johannes.wundersamer@voestalpine.com

Wir bringen Innovationen aufs Gleis, während andere darüber reden

system7
 rail
 www.s7-railsupport.com

Höchste Präzision der Universalstopfmaschine 4.0

- Einsatz des in der Luftfahrt bewährten inertialen Navigationsmesssystems
- Durch unabhängigen Gutachter geprüft und zugelassenes Abnahmemesssystem nach EN 13848-3
- Optisches Maschinenmesssystem höchster Genauigkeit mit Fehlertoleranz und Selbstüberwachung
- Präziser Gleismesswagen mit fünf Freiheitsgraden für hohe Aufzeichnungsgeschwindigkeit

