

ETR

EISENBAHNTÉCHNISCHE RUNDSCHAU

IMPULSGEBER FÜR DAS SYSTEM BAHN

THEMEN

Metro und RER in der Pariser Region
 Potenzial Fahrwegkomponenten
 Fahrzeug-IT
 Reverse Engineering

RUBRIKEN

Monitor: Nachrichten, Fakten, Trends
 Marktplatz: Produkte & Dienstleistungen
 Wissenschaft & Forschung
 Veranstaltungen & Termine

MEINUNGEN

Gerald Hörster,
 Präsident des EBA
 Dr. Josef Doppelbauer,
 Exekutivdirektor ERA



Schwerlaststrecke mit Sylomer® Schwellensohlen zur Schotter-schonung in Skandinavien

Die Schwerlaststrecke von Luleå nach Narvik besteht aus dem schwedischen Teil (Malmabanan) und dem norwegischen Teil (Ofotbanen). Aufgrund stetig steigender Streckenbelastung hat sich der Betreiber 2014 für den Einbau von Schwellensohlen zur Verbesserung der Gleislagequalität entschieden. Grund für den Einsatz der Schwellensohlen unterhalb der Betonschwellen sind positive Erfahrungen der ÖBB und aus Projekten wie Innotrack und RIVAS. Der folgende Artikel gibt einen Überblick über die Eisenerzlinie in Skandinavien und die Herausforderungen im Schwerlastverkehr. Die Wirkungsweise von Schwellensohlen wird dargestellt und die verfolgten Ansätze in Weichen werden beschrieben.

1. ÜBERBLICK UND FAKTEN

Im Norden Skandinaviens verbindet die Malmabanan-Schwerlaststrecke die beiden Häfen Luleå (SE) und Narvik (NO). Die nördlichste elektrifizierte Bahnstrecke der Welt erstreckt sich über eine Länge von 473 km und fördert hauptsächlich Eisenerz und Pellets von den Minen in Kiruna und Malmberget zu den Häfen [1].

Der schwedische Abschnitt im Südosten ist in staatlichem Besitz, das Infrastrukturmanagement wird von Trafikverket (schwedische Verkehrsbehörde) übernommen. Neben Passagier- und Frachtzügen verkehren auch die Schwerlastzüge von LKAB (Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolag), dem schwedischen Betreiber der Eisenerzminen. Die Schwerlastzüge mit bis zu 68 Waggons

und einer Achslast von 30 t fahren im südöstlichen schwedischen Abschnitt (Malmabanan) mit 60 km/h im beladenen Zustand und unbeladen mit 70 km/h. Die beladenen Züge mit einem Gesamtgewicht von 8500 t und einer Länge von rund 750 m werden jeweils von zwei IORE Lokomotiven gezogen.

In den 1960er Jahren wurde die Bahnstrecke für eine Achslast von 25 t ausgelegt und in den 1990er Jahren begann der Ausbau für eine höhere Belastung. Seit 2000 werden die Streckengleise zwischen Narvik und Kiruna durchgängig mit 30 t befahren. Durch die steigende Fördermenge an Eisenerz ist über die letzten Jahre das Verkehrsvolumen stetig angestiegen und bis 2018 wird ein weiterer Anstieg der Verkehrslasten erwartet. Bild 3 und Bild 4 vergleichen die Anzahl der Eisenerzzüge und die jährlichen Lasttonnen aus



Mag.(FH) Harald Steger
Produktmanagement
Getzner Werkstoffe GmbH
harald.steger@getzner.com



Dr. Harald Loy
Forschung & Entwicklung
Getzner Werkstoffe GmbH
harald.loy@getzner.com

dem Jahr 2013 mit den erwarteten Belastungen im Jahr 2018 [1].

Bei der Erneuerung des Streckenabschnitts zwischen Gällivare und Koskull-

BILD 1: Eisenerzstrecke von Luleå nach Narvik [1]



BILD 2: IORE Lokomotive [1]



Eisenerzüge	Anzahl Züge/ Tag 2013	Anzahl Züge/ Tag 2018	Lasttonnen/ Jahr [MGT] 2013	Lasttonnen/ Jahr [MGT] 2018
nördlicher Abschnitt (Kiruna – Narvik)	8	12	32	48
südlicher Abschnitt (Malmberget – Luleå)	3-4	4	14	18

BILD 3: Erwarteter Anstieg der Streckenbelastung bis zum Jahr 2018 [1]

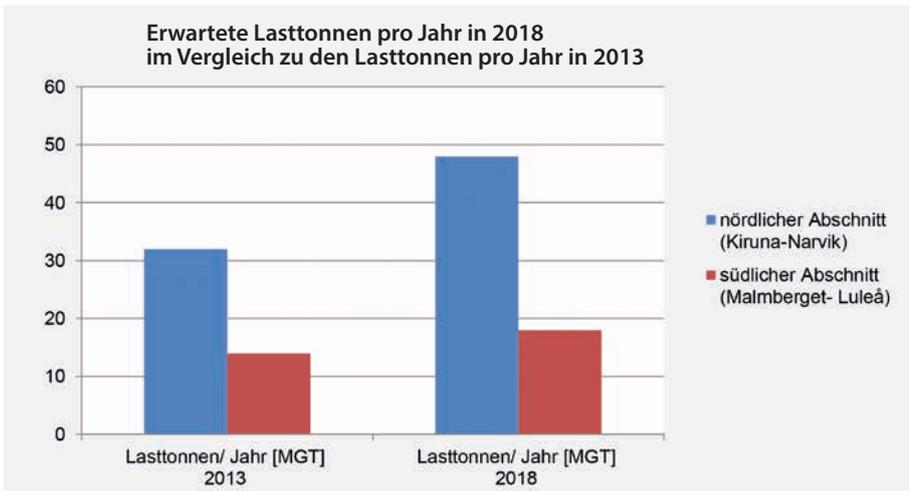


BILD 4: Erwarteter Anstieg der Streckenbelastung bis zum Jahr 2018 [1]



BILD 5: Strecke Gällivare – Koskullskulle mit Holzschwellen vor der Erneuerung



BILD 6: Betonschwellen mit Schwellensole SLB2210G

kulle ersetzte der Betreiber Holzschwellen durch beschlote Betonschwellen. Seit 2014 wurden auf einer Länge von rund 10 km rund 20000 beschlote Betonschwellen ein-

gebaut. Die von Strängbeton gelieferten Betonschwellen wurden mit Schwellensole vom Typ SLB2210G ausgerüstet.

2. HERAUSFORDERUNGEN IM SCHWERLASTVERKEHR

Speziell im Schwerlastverkehr kommt der Schotteroberbau an seine Grenzen. Hohe Achslasten und hohe Frachttonnen führen zu einer überproportional starken Beanspruchung. Qualitativ hochwertige Oberbaukomponenten sind notwendig, um die Verfügbarkeit der Strecken durch geringe Instandhaltungsaufwendungen zu gewährleisten. Nach der Verwendung hochwertiger Schienenstähle und Schwellen aus vorgespanntem Beton bildet der Schotter das schwächste Glied im Eisenbahnfahrweg. Es ist bekannt, dass durch den Einsatz von Schwellensole der Schotter maßgeblich geschont wird. Dies geschieht im Wesentlichen durch eine Vergrößerung der Kontaktfläche zwischen Schwellenunterseite und oberster Schotterlage. Hierfür sind plastische Schwellensole gefordert, die eine möglichst schonende Einbettung der Schotterkörner ermöglichen. Für eine ideale Lastverteilung im Gleis durch eine Vergrößerung der Biegelinie sind dagegen hochelastische Schwellensole optimal, die ihre Dauerelastizität auch bei jahrzehntelanger Beanspruchung nicht verlieren. Dauerelastische Schwellensole, die durch einen anteiligen Grad an Plastizität auch der Schottereinbettung gerecht werden, stellen hohe Anforderungen an die heutigen Werkstoffwissenschaften. Die beachtlichen Beanspruchungen aus dem Schwerlastverkehr sind hierbei als eine besondere Herausforderung zu verstehen. Elastische Eigenschaften mit plastischen Eigenschaften ideal zu kombinieren ist kein Widerspruch, wie aktuelle Entwicklungsansätze für höchste Beanspruchungen zeigen.

Schwerlastverkehr beansprucht Gleiskomponenten

Schwerlastverkehr definiert sich gemäß IHHA (International Heavy Haul Association) über mindestens zwei der drei folgenden Kriterien [2]:

- > Gesamtgewicht des Zuges größer oder gleich 5000 Tonnen
- > Verkehrslast von größer gleich 20 Millionen Tonnen pro Jahr
- > Achslast ab 25 Tonnen

Während hochfrequenzierter Personenzugverkehr weltweit vor allem in den dichter besiedelten Ballungsräumen konzentriert ist, finden sich typische Schwerlaststrecken des Güterfernverkehrs weltweit auch in anderen Ländern wie den USA, Kanada, China, Australien und Südafrika. Hier hat man bereits umfangreiche Erfahrungen mit dem Thema

der nachhaltigen Konstruktion von Schienenfahrwegen gesammelt. Es ist der Trend abzusehen, dass die gewonnenen Erkenntnisse auch für andere stark wachsende Infrastrukturen einflussnehmend sind, wie z.B. den projektierten Schienenfrachtkorridoren (Dedicated Freight Corridors) einzelner Länder oder bei den teils enormen Streckenlängen von privaten Miningesellschaften. Eine angestrebte Anhebung der Achslasten und zunehmende Lasttonnen auf Schwerlaststrecken stellen höhere Anforderungen an die Schieneninfrastruktur und ihre Komponenten. Neben den Brüchen von Spannklemmen ist dabei die Schotterzerstörung, ausgehend von der Kontaktfläche zwischen Schwelle und Schotter, eine der ersten Faktoren, die die Lebensdauer von Eisenbahnanlagen verkürzen. Bild 8 zeigt exemplarisch die Problematik im Übergangsbereich von einer freien Strecke auf eine Brückenkonstruktion. Derartige Unstetigkeitsstellen in einem generell möglichst gleichmäßig auszubildenden Gleis führen zu einer besonders intensiven Lasteinwirkung mit Bruch und Pulverisierung der Schotterkörner. Die weißen Stellen sind oftmals ein eindeutiges Merkmal. Folge der Zerstörung ist eine stetige Verschlechterung der Gleislagequalität. Durch hochwertige Schwellensohlen, oft in Verbindung mit geeigneten Zwischenlagen, kann solchen negativen Effekten entgegengewirkt werden.

3. SCHWELLENSOHLEN AUS SYLOMER®

Schwellensohlen stellen eine nachgiebige Federschicht unterhalb der Schwellen dar,



BILD 7: Schwerlastzug auf der Malmбанan-Strecke

die abhängig von den Randbedingungen die Kontaktfläche zum Schotter von 2–8% (unbesohlt) auf über 30% erhöht (besohlt). Es ist bereits vielfach nachgewiesen, dass eine höhere Kontaktfläche zu einer besseren Lasteinleitung in das Schotterbett mit einer geringeren Beanspruchung des Planums führt. Das Brechen von Schotterkörnern aufgrund Überbelastungen wird verhindert und die Setzungen werden geringer. Der Bildung von Hohllagen wird positiv entgegnet. Um den generellen Langzeiteffekt von besohlenen Schwellen zu quantifizieren wurden bereits seit dem Jahr 2001 umfangreiche Studien im Gleis durchgeführt [3], bei denen

die Gleisverschlechterungsrate gemessen wurde. Die untersuchten Abschnitte belegen eindrucksvoll die positiven Einflüsse auf den Oberbau bei unterschiedlichen Randbedingungen. Alle besohlenen Gleisbereiche zeigen eine signifikant reduzierte Verschlechterungsrate. Sogar in Abschnitten mit einer geringen Schotterhöhe konnte das Stopfintervall mindestens verdoppelt werden. Je höher die Gleisbelastung ist, desto effizienter ist dabei die Wirkungsweise der Sohlen. Schwellensohlen sorgen für eine deutliche Reduktion des Wartungsaufwands und der Lebenszykluskosten einer Eisenbahnstrecke [4]. Quintessenz ist die höhere Verfügbarkeit »

RAWIE®
SINCE 1882

SCANDINAVIAN RAIL SAFETY

Zur Absicherung von Gleisanlagen liefert Rawie seit Jahrzehnten moderne Bremsprellböcke verschiedener Bauarten an die Bahn- und Metrogesellschaften der skandinavischen Länder – zur Absicherung der Reisenden und Transportgüter.

A. RAWIE GmbH & Co. KG · Dornierstraße 11 · 49090 Osnabrück · Germany
Fon +49_541_912070 · info@rawie.de · www.rawie.de



BILD 8: Beispiele für typische Probleme in internationalen Schwerlaststrecken: Schotterzerstörung unter Betonschwellen (links), Spannklemmenbrüche (Mitte) und Schwellenrisse (rechts) resultieren meist aus zu hohen dynamischen Belastungen



BILD 9: Einbau von Schwellensolehnen

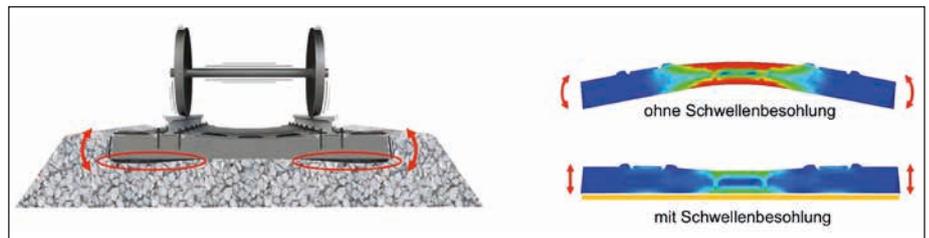


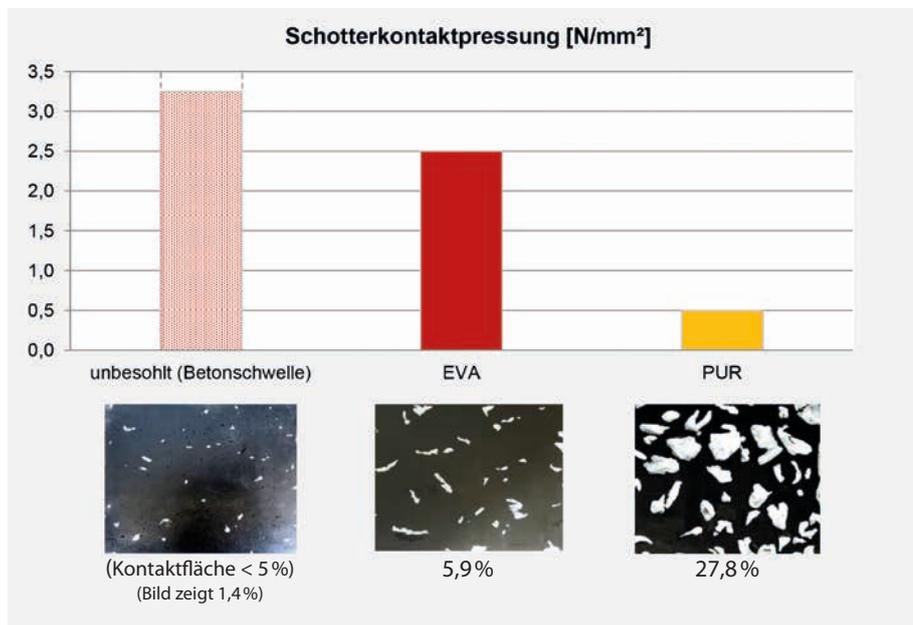
BILD 10: Hohlagenebildung nur unter unbesohnten Betonschwellen. Hohlagenebildungen werden durch Schwellensolehnen vermieden, das Lastabtragungsverhalten wird verbessert

dieser Streckenbereiche. Schwellensolehnen werden heute in weiterer Konsequenz bei folgenden Anwendungen eingesetzt:

- > Standardkomponente für Betonschwellen zur Schonung des Schotter
- > Reduktion von Setzungen in allen Konstruktionen des Schotteroberbaus
- > Verminderung der Riffel-/Schlupfwellenbildung von Schienen in engen Bögen

- > Anpassung der Gleissteifigkeit in Abschnitten mit verminderter Schotterhöhe
- > Ausbildung von Übergangsbereichen zwischen verschiedenen Oberbausystemen
- > Verminderung von Schwingungsemissionen
- > Vermeidung von Schwellenhohlagene
- > Optimierung geometrisch bedingter Bettungsunterschiede in Weichen

BILD 11: Mittlere Schotterkontaktpressungen unter Betonblock, der die Schwelle repräsentiert. Vergleich von Betonschwelle, unbesohlt, mit 'EVA' und 'PUR'. Der Haupteinflussfaktor, der die Schotterkontaktpressung reduziert ist die vergrößerte Kontaktfläche



Nicht alle Werkstoffe sind für die Erfüllung dieser Aufgaben gleichermaßen geeignet. Als extrem widerstandsfähig und langlebig hat sich der Werkstoff Sylomer® hervorgetan, der aus speziellem Polyurethan (PUR) hergestellt wird. Bei der PUR-Herstellung kann durch die Vermengung reaktiver Ausgangsstoffe entsprechend den gewünschten Anforderungen ein vielfältiges Eigenschaftsspektrum eingestellt werden. Dabei bilden Polyol und Isocyanat anteilmäßig die Hauptkomponenten, die über das Mengenverhältnis einen wesentlichen Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften und die vergleichsweise hohe Reißfestigkeit der Endprodukte ausüben. Bei der Entwicklung von PUR-Schwellensolehnen zur Schotter Schonung ist ein optimiertes Mischungsverhältnis und der richtige Herstellungsprozess entscheidend, um elastische und plastische Eigenschaften in ein ausgewogenes Verhältnis zu stellen. Als Ergebnis mehrjähriger Entwicklungen stehen heute weiterentw-

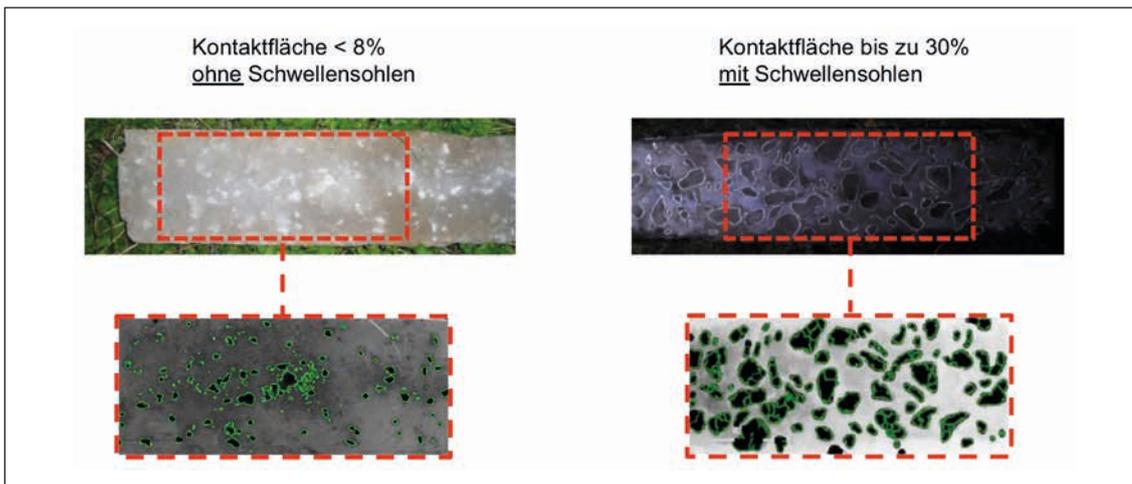


BILD 12: Furet/Schweden: Vergleich der Kontaktfläche von unbesohlenen und besohlenen Schwellen

ckelte Schwellensohlen zur Verfügung, die insbesondere die Höchstbelastungen aus dem Schwerlastverkehr kompensieren und mit einer beeindruckenden technischen Performance aufwarten, wie nachfolgende Ausführungen zeigen.

4. KONTAKTFLÄCHE UND SCHOTTER-KONTAKTPRESSUNG

Die Plastizität der Schwellensohlen ist der Grund dafür, dass sich die oberste Schotterlage in das Sohlenmaterial einbetten kann. Dies ist ein sehr wichtiger sicherheitsrelevanter Effekt, der vor allem für den Querverschiebewiderstand im Gleis eine wichtige Rolle spielt. Wie Untersuchungen gezeigt haben, ist der Querverschiebewiderstand mit Sohlen deutlich höher als ohne diese Einbettungsmöglichkeit [5]. Auf der sicheren Seite liegend wurde klar festgestellt, dass durch elastisch besohlte Schwellen die Gleislagestabilität positiv beeinflusst wird [6].

Die Nachgiebigkeit des Sohlenmaterials hat aber vor allem zur Folge, dass die Kräfte homogener in den Schotteroberbau eingeleitet werden. Getzner hat eine eigene Methodik entwickelt die Kontaktfläche schnell und hochpräzise zu quantifizieren. Die wirksame Kontaktfläche zum Schotter wurde für die Schwerlast-Sohlen durch eine digitale Analyse mit einem Anteil im Bereich von 25–33% in diversen Untersuchungen bestimmt.

Ohne die plastischen Eigenschaften des Sohlenmaterials sind die Kontaktflächen in der Regel weitaus geringer.

Bild 11 zeigt vergleichend die Kontaktflächen ohne Sohlen, mit EVA-Sohlen und PUR-Sohlen (gleicher Steifigkeit). Wie dieser Relativvergleich zeigt, ist die Kontaktfläche bei unbesohlenen Schwellen erwartungsgemäß am geringsten (nach Dauerschwellversuch im Test 1.4%, i.d.R. < 5%), das EVA-Sohlen-

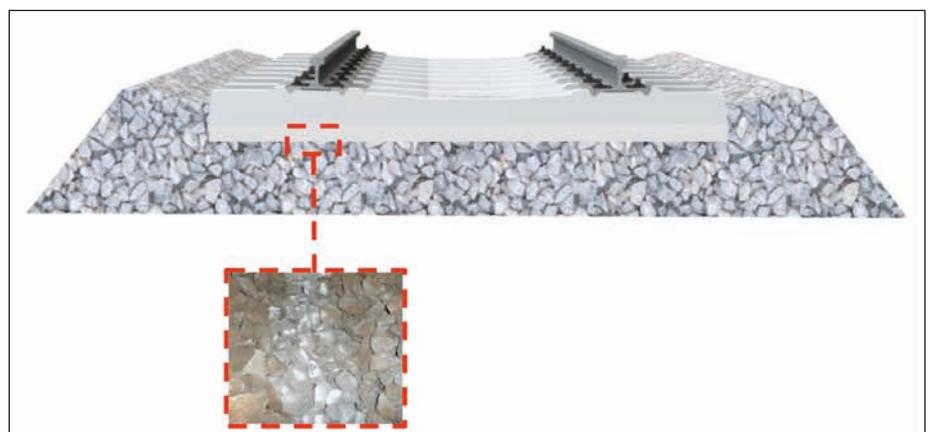


BILD 13: Furet/Schweden: Schotterabrieb und -zerstörung unter unbesohlenen Schwellen

material liegt im etwas höheren Bereich (im Test 5.9%), während das PUR-Material die größte Kontaktfläche (mit 27.8%) aufweist (selber nominaler Bettungsmodul der Materialien). Der wichtigste Parameter, der die Kontaktpressungen beeinflusst ist die wirksame Schotterkontaktfläche. Je größer die Kontaktfläche ist, desto gleichmäßiger ist die Lasteinleitung und desto geringer ist die sich ergebende Schotterkontaktpressung im Gleis.

5. KONTAKTFLÄCHE IM GLEIS

Die Kontaktfläche wurde anhand ausgebauter Schwellen aus einer Teststrecke bei Furet in Schweden ermittelt. In einem Übergangsbereich von freier Strecke auf eine Brücke waren mit elastischen Schwellensohlen vom Typ SLS1308G und plastischen SLB2210G zwei unterschiedliche Produkte eingebaut. Im September 2014, nach neun Jahren Betrieb im Gleis mit einer Streckenbelastung von rund 12–15 Mio. Lasttonnen pro Jahr, wurden einzelne besohlte Betonschwellen ausgebaut. Die Schottereindrücke in den Schwellensohlen wurden

mittels digitaler Analyse erfasst und deren Kontaktflächenanteil ermittelt. Die Messungen an den besohlenen Schwellen im Gleis bestätigen die vorliegenden Ergebnisse anderer Messungen. Besohlte Schwellen weisen gegenüber den unbesohlenen eine etwa um den Faktor 4 höhere Kontaktfläche auf. Bild 12 zeigt, dass die unbesohlenen Betonschwellen eine Kontaktfläche von maximal nur 8% aufweisen, während die besohlenen Schwellen eine Kontaktfläche von bis zu 30% erzielen.

In Folge der höheren Kontaktfläche war festzustellen, dass unterhalb der besohlenen Schwellen der Schotterverschleiß reduziert werden konnte. Der Schotter unterhalb der unbesohlenen Schwellen zeigte als Indiz für Schotterzerstörung deutlich sichtbaren Abrieb (Bild 13).

6. VERBESSERUNG DER GLEISLAGEQUALITÄT

Der positive Effekt der Schwellensohlentechnologie aus Sylomer® wurde international bei verschiedenen Teststrecken validiert [7]. Vergleichend wurden einzelne »

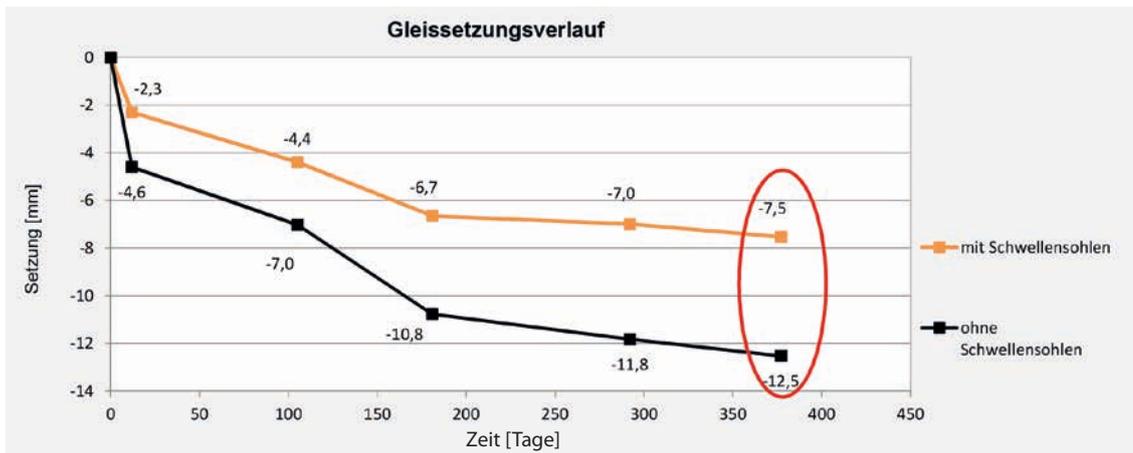


BILD 14: Gemittelte Setzungsverläufe mit und ohne Schwellensohlen nach einer Testphase von 377 Tagen

Abschnitte mit weiterentwickelten PUR-Schwellensohlen ausgerüstet. Testabschnitte ohne Schwellensohlen wurden ebenfalls eingebaut, um die Unterschiede im Langzeitverhalten der Gleise zu erhalten. Das Setzungsverhalten der Gleise wurde mittels Präzisionsnivelement erfasst. Bild 14 zeigt exemplarisch solche gemittelten Setzungsverläufe. Nach 377 Tagen waren in diesem

Beispiel die Trends bereits deutlich erkennbar. Die mittlere Gleissetzung hatte im unbeohnten Bereich einen Wert von 7,5 mm erreicht, beim Oberbau ohne Schwellensohlen war die Gleissetzung hingegen bereits bei einem Durchschnittswert von 12,5 mm angelangt. Die Setzung des klassischen Schotteroberbaus war also mehr als 65% größer als im Bereich mit Schwellensohlen, was

trotz des relativ kurzen Betrachtungszeitraums durchaus die Erfahrungen auch aus anderen Einbausituationen widerspiegelt.

Die Teststrecken mit Schwellensohlen zeigten eine weit homogenere Gleislagequalität, die unter Umständen selbst mit bloßem Auge erkennbar sein kann, wie Bild 15 verdeutlicht.

Allgemein gesprochen werden durch die Stabilisierung des Schotterbettes mit Schwellensohlen höhere Querverschiebewiderstände erzielt [8]. Je größer die Kontaktfläche ist, desto höher ist in der Regel auch der erreichbare Querverschiebewiderstand. Als Resultat der verbesserten Gleislagequalität ist zu beobachten, dass sich die Hohllagenbildung im besohnten Gleis nahezu vollständig vermeiden lässt [9].

Für hochbelastete Strecken können weitere Entwicklungen in Richtung ‚semiplastische Sohlen‘ einen noch höheren Nutzen stiften.

7. SCHWELLENSOHLN IN WEICHEN IM SCHWEDISCHEN STRECKENNETZ

Internationale Erfahrungen wie z.B. der Österreichischen Bundesbahnen ÖBB und positive Ergebnisse aus dem Innotrack-Projekt [10] haben Trafikverket zum Einbau von Schwellensohlen bewogen. 2014 wurde ein Rahmenvertrag über 2 Jahre zur Lieferung von rund 100 000 Getzner Schwellensohlen für Weichen abgeschlossen. Seit 2014 wurden rund 40 000 besohlte Weichenschwellen im schwedischen Streckennetz verbaut.

Aufgrund ihrer komplexen Geometrien sind der Aufwand und die Kosten des Gleisunterhaltes bei Weichen deutlich höher als im geraden Gleis. Speziell die Steifigkeitsunterschiede der Gleisbettung in Fahrtrichtung, welche konstruktiv durch die Bauform der Weichen vorgegeben sind, führen zu unterschiedlichen Schieneneinsenkungen. Daraus resultieren zusätzliche Beanspruchun-



BILD 15: Die unterschiedliche Qualität vergleichbarer Gleisabschnitte ist offensichtlich, mit Schwellensohlen (links), ohne Schwellensohlen (rechts)

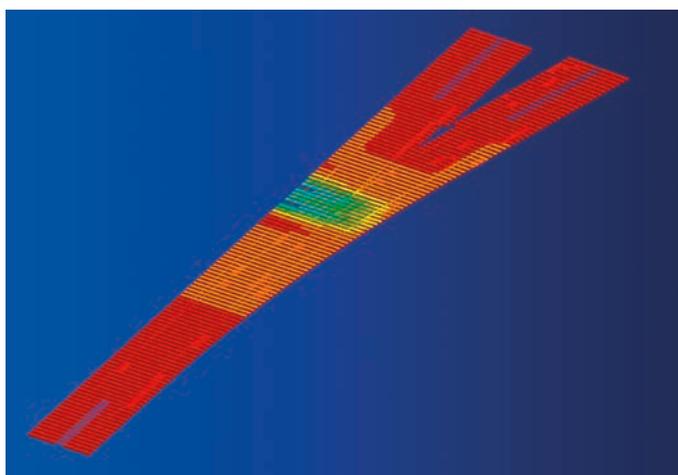


BILD 16: FEM-Modell zur Optimierung der Weichenbesohlung

gen des Oberbaus bei der Überfahrt eines Zuges. Durch den Einsatz von elastischen Schwellensohlen lassen sich hier deutliche Verbesserungen hinsichtlich der Gleislagestabilität und des Erschütterungsschutzes erzielen. Der Schotter wird geringer beansprucht und die Stopfintervalle dadurch vergrößert. Die Lebenszykluskosten (LCC) einer Weiche können deutlich verringert werden.

Um das System der elastisch gelagerten Weiche im Schotteroberbau gezielt einbringen zu können, müssen die Ansprüche an die Elastizität und das Verhalten bei einer Zugüberfahrt verstanden werden. Aus dieser Forderung hat Getzner Werkstoffe ein nichtlineares Rechenmodell auf Basis der Finiten Elemente Methode (FEM) entwickelt. Dieses FEM-Modell bietet die Möglichkeit, die elastischen Schwellensohlen vom Typ Sylomer® oder Sylodyn® in den verschiedenen Bereichen innerhalb einer Weiche so zu platzieren, dass Steifigkeitssprünge gleitend abgestuft und somit signifikant reduziert werden können.

8. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

In der Schwerlaststrecke vom schwedischen Luleå nach Narvik in Norwegen werden seit 2014 Schwellensohlen verbaut. Durch den Einsatz von Schwellensohlen erwartet Trafikverket eine höhere Lebensdauer, und eine bessere Verfügbarkeit der Strecke durch reduzierten Instandhaltungsaufwand. Untersuchungen in der Teststrecke Furet haben durch die Erhöhung der Kontaktfläche mit besohlenen Betonschwellen bereits eine deutliche Reduktion der Schotterzerstörung bestätigt. Des Weiteren zeigen Messungen der Längshöhe eine Verbesserung der Gleislagequalität [11].

Auf Basis der Erkenntnisse aus Teststrecken und bekräftigt durch internationale

Erfahrungen hat sich Trafikverket für Betonschwellen mit Schwellensohlen aus Sylomer® entschieden. Erfahrungsberichte der Österreichischen Bundesbahnen ÖBB, dem Innotrack-Projekt und RIVAS bilden die Entscheidungsgrundlage für den standardmäßigen Einsatz zur Schotterschonung in der freien Strecke und in den Weichenbereichen.

Insbesondere bei solch hoch belasteten Trassen wie der Malmbanan-Schwerlaststrecke stellt der Oberbauschotter den limitierenden Faktor dar. Verbunden mit dem Austausch von Holzschwellen mit Betonschwellen stellte sich die Forderung nach zusätzlicher Elastizität unterhalb der Schwellen. Mit Schwellensohlen aus Sylomer® kann der Schotter geschont werden.

Innovative Entwicklungen auf der Materialseite zeigen die Möglichkeit auf, elastische und plastische Eigenschaften im Gleis ideal zu kombinieren. Damit wird sowohl die Lastverteilung im Gleis verbessert, als auch die Kontaktpressungen zwischen Schwelle und oberster Schotterlage reduziert. Eine Reduktion der Setzungen bei höherer Gleislagequalität sind die Folgen. Der Nutzen für den Infrastrukturbetreiber liegt im reduzierten Instandhaltungsaufwand und einer höheren Verfügbarkeit der Strecken. Die Konstruktion des klassischen Schotteroberbaus wird

durch solche innovativen Entwicklungen dauerhaft verbessert. F

Literatur

- [1] Asplund, M.; Nordmark, T.; Gustafsson, P.: Comparison of TOR Lubrication Systems on the iron ore line. Proceedings of IHHA conference Perth, Australia, Jun. 2015, S. 1–3
- [2] IHHA - International Heavy Haul Association: www.ihha.net, Stand 27.05.2015
- [3] Schilder, R.: Schwellenbesohlungen. Getzner Bahnfachtagung Schwarzenberg / Vorarlberg, Nov. 2007, S. 26–33
- [4] Veit, P.; Marschnig S.: Making a case for Under Sleeper Pads. International Railway Journal IRJ, Jan. 1, 2011, S. 27–29
- [5] Iliev, D.: Die horizontale Gleislagestabilität des Schotteroberbaus mit konventionellen und elastisch besohlenen Schwellen. Dissertation, Technische Universität München, 2012
- [6] Freudenstein, S.; Iliev, D.; Stahl, W.: Querverschiebewiderstandsmessungen an un- und besohlenen Schwellen. El-Eisenbahningenieur, Juli 2013, S. 20–26
- [7] Loy, H.; Heim, M.: Measurements of Track Settlement for IR – Trials of Sleepers with Under Sleeper Pads (USP). Getzner Werkstoffe Report, SE03, Okt. 2013
- [8] Iliev, D.: Versuche mit elastisch besohlenen Schwellen-Elastizität, Kontaktspannungen, Querverschiebewiderstand. Getzner Bahnfachtagung Schwarzenberg/Vorarlberg, Okt. 2011
- [9] Auer, F.: Einfluss von elastischen Komponenten auf das Gleisverhalten. ÖVG Tagung Salzburg, Band 104, S. 53–55
- [10] Innotrack – Innovative Track Systems: Recommendation of, and scientific basis for, optimisation of switches and crossings – part 1. www.innotrack.net, 2006
- [11] Berggren, E.: Classification of Track Conditions with Respect to Vibration Emission Deliverable D2.1 – Part 3: Track parameters before and after mitigation of vibration with under-sleeper-pads at Furet, Sweden. www.rivas-project.eu, Report Jun. 2012

SUMMARY

Use of Sylomer® under-sleeper pads to reduce ballast wear on a Scandinavian railway line carrying heavy freight trains

The heavy-freight railway line between Luleå and Narvik is comprised of two parts: the Swedish section (Malmbanan) and the Norwegian section (Ofotbanen). This line has been subject to continuously increasing loads, and so the operator decided in 2014 to insert under-sleeper pads as a means of improving the positional quality of the track. This decision was influenced by the positive experience that the Austrian Federal Railways (ÖBB) had had with the use of pads under concrete sleepers and also by projects such as Innotrack and RIVAS. This article contains a brief description of the Iron Ore Line in Scandinavia and the challenges due to heavy train loads. It also explains how under-sleeper pads work and describes the approaches to using them for switches and crossings.



Vibration Isolation for Your Superstructure.

- Reduction in Life Cycle Costs
- Demonstrated long-term effects
- Accommodating differences in bedding

www.getzner.com

getzner
engineering a quiet future