

Abb. 1: Kontinuierlich arbeitender Zwei-Schwellen-Stopfroboter Cpls32 mit kontrolliertem Stabilisieraggregat KSA Quelle Abb. 1-4, 6-10: System7 rail

Vollautomatische Durcharbeitung von Weichen

Acht unabhängig quer verschiebbare Splithead-Stopfaggregate mit schwenkbaren Pickeln im Zwei-Schwellen-Stopfroboter Cpls32 ermöglichen die vollautomatische Durcharbeitung von Weichen.

BERNHARD LICHTBERGER

Besondere Funktionen und Eigenschaften kennzeichnen den kontinuierlich arbeitenden Zwei-Schwellen-Stopfroboter Cpls32. Zu diesen zählen acht unabhängig voneinander verschiebbare Stopfaggregate mit insgesamt 32 schwenkbaren Pickeln. Das vollhydraulische Automatikstopfen erlaubt die schnellere Durcharbeitung von Weichen und erhöht die Haltbarkeit der Gleislage im Durchschnitt um 30 %. Über Teach-In-Verfahren lernt die Maschine die Einstellungen der Stopfaggregate und des Hebe-Richt-Aggregates während der Arbeit und stellt sie anderen Weichen gleichen Typs zur Verfügung. Die Flexibilität und Ausführung der Stopfaggregate erlaubt die Durcharbeitung auch komplexer Weichen im Zwei-Schwellen-Stopfmodus. Das Ergebnis: hohe Qualität und Arbeitsleistung mit Steigerung der Haltbarkeit der Gleisgeometrie.

Allgemeines

Die weitaus meisten Gleise der Eisenbahnen sind als Schotteroberbau ausgeführt. Durch die wirkenden Radkräfte wird der Schotter abgerundet, gebrochen und abgenutzt. Bei der Durchfahrt einer Weiche treten im Bereich der Gleiszungen und des Herzstücks Stöße auf, die durch den Schotter aufgenommen und abgetragen werden. Dadurch entstehen unregelmäßige Setzungen und Verschiebungen der seitlichen Lagegeometrie. Die Setzungen werden als Fehler in der Längshöhe, der Überhöhung, der Verwindung, der Spur und der Richtlage sichtbar [1].

Weichen sind teure Gleisanlagen und aufwendige Konstruktionen. Eine Weiche kostet ungefähr so viel wie ein halber Kilometer freies Streckengleis. Die gewissenhafte und präzise Instandhaltung der Weichen ist die Voraussetzung für eine lange Nutzungsdauer.

Voraussetzungen universeller optimaler Stopfung von Weichen

Eine Weiche wird nachhaltig gestopft, wenn die Stopfwerkzeuge auch bei Vorhandensein von anderen hinderlichen Bauteilen wie Antrieben, Weichenschlüssern, Zungen, abzweigenden Schienen, Flügelschienen oder Radlenkern ins

Zwischenfach eindringen und den Schotter unter jeder Schwelle verdichten.

Die Stopfaggregate und die Stopfwerkzeuge dürfen einerseits die Weichenkomponenten nicht beschädigen, andererseits ist der Schotter unter den Schwellen ausreichend zu verdichten. Dies erfordert eine ganze Reihe von spezifischen Funktionen und stellt Anforderungen an die Einrichtungen und Fähigkeiten der Stopfmaschine. Der beschriebene kontinuierlich arbeitende Zwei-Schwellen-Stopfroboter erfüllt die Bedingungen nachhaltigen Weichenstopfens optimal. Er weist die folgenden besonderen Merkmale auf:



Abb. 2: Vollhydraulischer Stopfantrieb

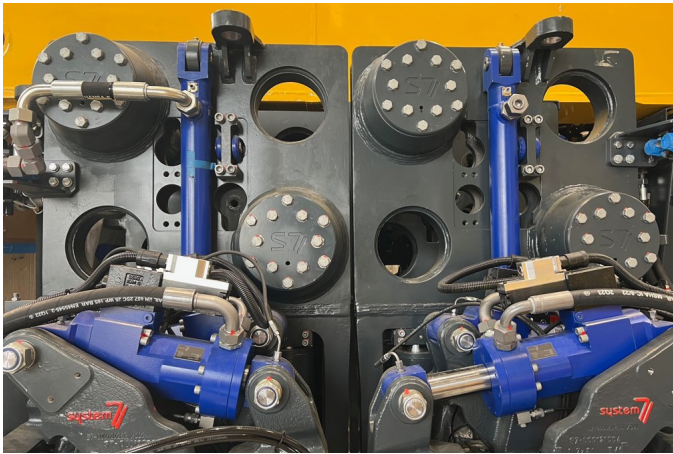


Abb. 3: Universelle unabhängig voneinander quer verschiebbare Stopfaggregatrahmen

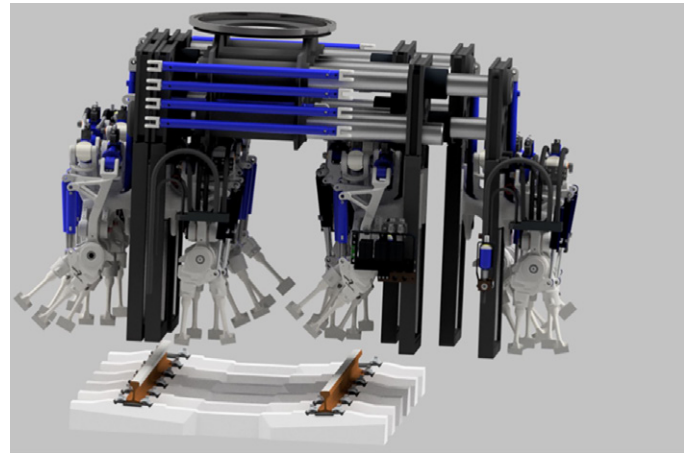


Abb. 4: Universalstopfaggregat mit 32 individuell verschwenkbaren Stopfpickeln

- Vollhydraulische unabhängig voneinander geregelte Stopfantriebe mit Erfassung der Schotterbetteigenschaften getrennt für jeden wirkenden Stopfarm
- acht unabhängig voneinander quer verschiebbare Stopfaggregate, bei denen alle Pickel (insgesamt 32) schwenkbar ausgeführt sind
- Die Aggregate sind auf eigenständige Rahmen montiert, die getrenntes Querverschieben ermöglichen.
- unabhängig einstellbare Öffnungs- und Schließweite für jeden hydraulischen Stopfantrieb
- kontrolliertes Rückwärtsstopfen aufgrund des elektronisch geregelten hydraulischen Stopfantriebes
- Hochschwenkwinkel der Stopfpickel $>90^\circ$
- über Drehkranz einstellbarer Arbeitswinkel der Stopfaggregate zum Stopfen schräg liegender Schwellen ($>8^\circ$)
- höhen- und querverstellbare Rollzange und Hebehaken. Die Anordnung ist schwenkbar, das vergrößert den Angriffsbereich des Hebehakens; aufwendige Verschleißnachstellungen der Rolle entfallen, und die Anpassung an verschiedene Schienenkopfhöhen entfällt.
- in Gleislängsrichtung verschiebbares Hebe-Richt-Aggregat, damit der Hebehaken auch am Schienenfuß im Zwischenfach greifen kann. Der Angriffspunkt der Hebezyylinder am Rahmen wird synchron automatisch verstellt. Die

Hebezyylinder stehen damit immer senkrecht und erzeugen keine parasitären Kräfte im Rahmen.

- Weichenlernmodus – Teach-In-Modus
- Zusatzhebeeinrichtung für den abgehenden Strang – optimal integriert in die Haupthebeeinrichtung, damit an derselben Langschwelle gehoben wird und eine Torsion der Weiche vermieden wird
- automatische Hebe-Werkzeugwahl (Rolle oder Haken) und Positionierung des Hebe-Richt-Aggregates in Gleislängsrichtung, damit der Haken, falls notwendig, im Zwischenfach am Schienenfuß angreifen kann
- automatische Vorfahrt mit exakter Positionierung des Satelliten sowie Rückgewinnung der Bremsenergie
- Wahl einer Weiche aus einer Weichenliste zur automatischen Einstellung der Arbeitsaggregate.

Universeller kontinuierlich arbeitender Zwei-Schwellen-Stopfroboter CPLS32

Die neu entwickelte Maschine (Abb. 1) ist mit acht vollwertigen geteilten Stopfaggregaten ausgestattet, bei denen alle Pickel schwenkbar sind. Die acht Aggregate können unabhängig voneinander quer verschoben werden und bieten so höchste Flexibilität in Weichen. Zahlreiche Funktionen der Maschine gehen über jene konventioneller Stopfmaschinen hinaus.

Die Maschine stopft Weichen in höchster Qualität und Geschwindigkeit und ist gleichzeitig als vollwertige Streckenstopfmaschine einsetzbar [5]. Herausragend ist der geringe Verschleiß der Stopfaggregate, der die ökonomische Verwendung als Streckenstopfmaschine garantiert. Durch den vollhydraulischen Antrieb wird der hohe Verschleiß konventioneller Exzenterstopfaggregate vermieden.

Vollhydraulischer Stopfantrieb

Verdichtfrequenz und Stopfbewegung werden durch den patentierten vollhydraulischen Stopfantrieb gemeinsam erzeugt. Die Vorgabe von Frequenz, Beistellbewegung und Amplitude erfolgt präzise und schnell über elektronische Regelkreise. Abb. 2 zeigt einen vollhydraulischen Stopfantrieb der Firma System7 rail. Vibration und Beistellbewegung sowie Öffnungs- und Schließweite sind unabhängig einstellbar. Bei jedem Stopfvorgang ermittelt jeder der Antriebe die Eigenschaften des entsprechenden Schotterbereichs [2].

Für perfektes Stopfen komplexer Weichen sind die folgenden Fähigkeiten dieses Stopfantriebs entscheidend:

- Unabhängige Steuerung jedes einzelnen Stopfantriebs
- frei einstellbare Öffnungs- und Schließweite, um alle Bereiche stopfen zu können
- auf Messung der Schottereigenschaften basierendes automatisches Stopfen.

Quer verschiebbare Universalstopfaggregate

Um die Universalstopfaggregate optimal positionieren zu können, sind diese auf unabhängig voneinander quer verschiebbaren Aggregatrahmen integriert. Das System ist patentiert. Abb. 3 zeigt die unabhängige Querverschiebungseinrichtung der nebeneinander angeordneten geteilten Stopfaggregate. Nur bei unabhängiger Verschiebbarkeit können die Weichen im Doppelschwellenmodus durchgearbeitet werden, und nur dann werden höchste Anforderungen an Maschinen-

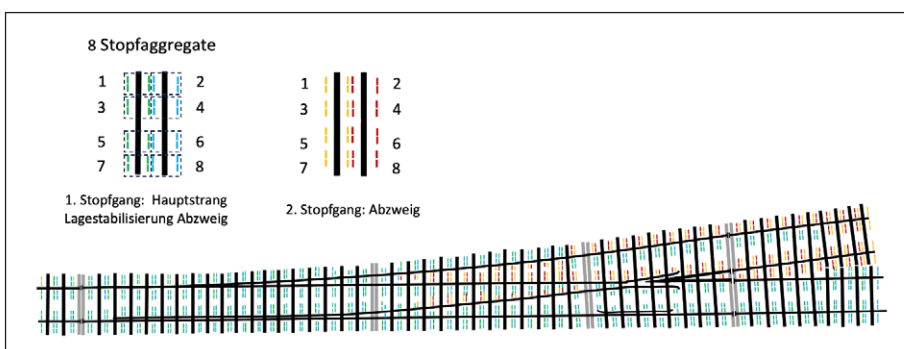


Abb. 5: Durcharbeitung einer einfachen Weiche

Quelle: B. Lichtberger

leistung und Durcharbeitungsqualität erfüllt. Unterstopfen von Schwellen im Mittenbereich wird so vermieden. Die Schwellen liegen unter den Schienenstützpunkten auf optimal verdichteten Auflagern – das gefürchtete Schwellenreiten mit Bruch der Betonschwellen kann nicht auftreten.

Schwenkbarkeit aller Stopfpickel in Stopfaggregaten

Bei den patentierten universellen Stopfaggregaten sind alle Pickel (auch die inneren) schwenkbar ausgeführt, wie Abb. 4 zeigt. Die Funktion stellt sicher, dass mit jedem einzelnen Stopfaggregat überall und immer in den Schotter getaucht werden kann.

Typischer Durcharbeitungsablauf

Die meist manuell vorgenommene Einstellung der Arbeitsaggregate durch den Bediener ist anstrengend und reduziert die Maschinenleistung. Wann und wo die geteilten Stopfaggregate ausgelenkt und eingesetzt werden, bleibt bei konventioneller Arbeitsweise dem Stopfer überlassen. Es fehlt oft eine genau vorgegebene optimale Arbeitsweise, die an die verschiedenen Weichen angepasst ist, und die Qualität der Durcharbeitung der Weichen ist vom Stopfer und seinen Fähigkeiten abhängig.

Der Stopfroboter CPLS32 verfügt über einen Weichenlernmodus und einen Weicheneditor. Mithilfe dieser Tools kann die Durcharbeitung einer bekannten Weiche gelernt oder vorprogrammiert werden. Damit wird der optimale Stopfablauf vorgegeben.

Abb. 5 zeigt schematisch die Durcharbeitung einer Weiche. Alle acht Stopfaggregate mit den jeweils vier unabhängig voneinander schwenkbaren Stopfpickeln werden unabhängig voneinander quer zur Gleislängsachse verschoben. Damit wird die Weiche im Zwei-Schwellen-Mo-

Vordefiniert	Weichenbezeichnung	Schienenart	Abzweigradius r0 [m]	A...	Weichenneigung 1: Abzw...	Zun...	Schw...	Länge [m]: Radl...	Herzform	Herzstückart	Antr...	Radl...
X	EW 60-500-1:14	UIC60	500,0		14,0	L		44,942	Gerade			
X	EW 60-500-1:14-fb	UIC60	500,0		14,0	L		44,942	Gerade	Federnd beweglich (fb)		
X	EW 60-760-1:14	UIC60	760,0		14,0	L		54,217	Bogen			
X	EW 60-760-1:14-fb	UIC60	760,0		14,0	L		54,217	Bogen	Federnd beweglich (fb)		
X	EW 60-760-1:14-gb	UIC60	760,0		14,0	L		54,217	Bogen	Gelenkig beweglich (gb)		
X	EW 60-760-1:15	UIC60	760,0		15,0	L		54,217	Bogen			
X	EW 60-760-1:15-fb	UIC60	760,0		15,0	L		54,217	Bogen	Federnd beweglich (fb)		
X	EW 60-760-1:18,5	UIC60	760,0		18,5	L		52,934	Gerade			
X	EW 60-760-1:18,5-fb	UIC60	760,0		18,5	L		54,801	Gerade	Federnd beweglich (fb)		
X	EW 60-1200-1:18-fb	UIC60	1200,0		18,0	L		66,615	Bogen	Federnd beweglich (fb)		
X	EW 60-1200-1:18,5	UIC60	1200,0		18,5	L		64,818	Bogen			
X	EW 60-1200-1:18,5-fb	UIC60	1200,0		18,5	L		66,615	Bogen	Federnd beweglich (fb)		
X	EW 60-1200-1:18,5-gb	UIC60	1200,0		18,5	L		64,818	Bogen	Gelenkig beweglich (gb)		
X	EW 60-1200-1:19,277	UIC60	1200,0		19,277	L		64,818	Bogen			
X	EW 60-1200-1:19,277-fb	UIC60	1200,0		19,277	L		66,615	Bogen	Federnd beweglich (fb)		
X	EW 60-2500-1:26,5-fb	UIC60	2500,0		26,5	L		94,306	Bogen	Federnd beweglich (fb)		
X	EW 60-2500-1:27,85-fb	UIC60	2500,0		27,85	L		94,306	Bogen	Federnd beweglich (fb)		
X	EW 60-3000/1500-1:18,132-fb	UIC60	3000,0	1...	18,132	L		89,916	Bogen	Federnd beweglich (fb)		
X	EW 60-4800/2450-1:24,257-fb	UIC60	4800,0	2...	24,257	L		111,016	Bogen	Federnd beweglich (fb)		
X	EW 60-6000/3700-1:32,5-fb	UIC60	6000,0	3...	32,5	L		122,253	Bogen	Federnd beweglich (fb)		

Abb. 6: Weichenauswahlliste im Führungsrechner CEO++

duchgestopft. Die Instandhaltungsarbeit erfolgt in zwei Schritten. Im ersten Schritt wird der Hauptstrang gestopft. Wenn der Schwerpunkt der Weiche je nach Position der Maschine nach außen wandert, wird im Abzweig mit den beiden äußeren Stopfaggregaten mitgestopft. Dies sichert die stabile Lage der Weiche und vermeidet große Hebekräfte, die die Schwellenschrauben beschädigen. Früher begleiteten die Maschine Arbeiter mit Handstopfgeräten, die gleichzeitig mit dem Stopfvorgang der Maschine den Abzweig unterstopfen.

Weichenlernmodus und Weicheneditor

Weichen sind Präzisionsbauteile. Sie werden im Herstellerwerk zusammengebaut und geprüft, dann als Teilbaugruppen auf Transportwagen verladen und zur Baustelle gebracht. Vor Ort werden die Teilbaugruppen abgeladen und miteinander verbunden. Weichenpläne liefern exakte Daten für Instandhaltungsarbeiten. Mit bekannten Weichenkonstruktionsdaten können die Arbeitsaggregate der Stopfmaschine präzise

angesteuert werden. Sind die Weichenkonstruktionsdaten bekannt werden diese über einen Weicheneditor in den Führungsrechner CEO++ eingegeben. Wird die Stopfmaschine mit diesen Weichendaten versorgt, erfolgen die Vorfahrt und die Einstellung der Aggregate automatisch, der Stopfer übernimmt weitgehend nur mehr Aufsichtspflichten. Dazu wird die zu bearbeitende Weiche aus einer Liste am Führungsrechner der Stopfmaschine ausgewählt (Abb. 6). Abb. 7 zeigt schematisch die Weiche in der Darstellung der Sollgeometrie im Gleisgeometriecomputer. Die Verstelleinrichtungen (Hydraulikzylinder) der Arbeitsaggregate der Stopfmaschine sind mit integrierten berührungslosen Sensoren zur Erfassung ihrer Position ausgerüstet. Dies erlaubt die zielgenaue Ansteuerung der Arbeitsaggregate. Während der Arbeit können die wesentlichen Einstellungen der Stopfaggregate wie Verdrehwinkel bei schräg liegenden Schwellen, Position der einzelnen tauchenden geteilten Stopfaggregate, gewähltes Hebewerkzeug und Position des Hebe-Richt-Aggregates über die



- stoßunempfindlich durch dauerhaft elastische Lagerung
- 60 % Stellkraftreduktion über gesamten Stellweg
- Instandhaltungsarbeiten am Oberbau ohne Einschränkung möglich
- über 25 Jahre Erfahrung

- nun auch für federnd bewegliche Herzstücke
- für Neubau und Nachrüstung
- 5 Jahre Gewährleistung
- DB – Oberbaustandard
- nachhaltig und umweltfreundlich

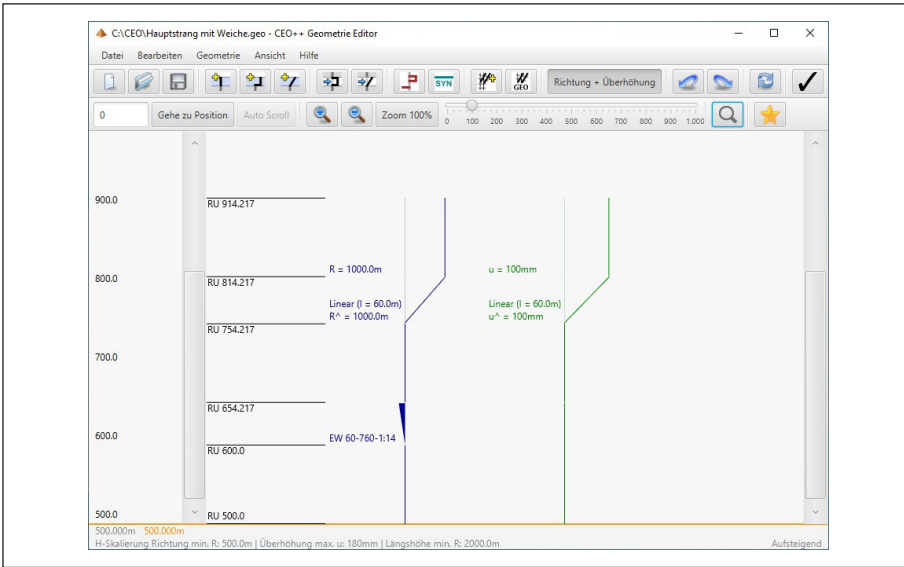


Abb. 7: Sollgeometrie – Krümmungsbild (blau) mit Verlauf der Überhöhung (grün) sowie Typ und Lage einer Weiche im Weicheneditor

Sensorik abhängig vom Vorfahrweg gespeichert und zu einem späteren Zeitpunkt bei einer gleichen oder ähnlichen Weiche aufgerufen werden. Das Computersystem führt die gespeicherten Einstellungen automatisch durch.

Flexible universelle Stopftechnologie anhand von Beispielen

Im Folgenden werden beispielhaft jene Bereiche von Weichen gezeigt, die besonders schwer zu stopfen sind.

Beispiel Zungenbereich

Damit der Zungenbereich optimal gestopft werden kann, müssen alle Stopfpickel schwenkbar ausgeführt sein und sich auf unabhängig quer verschiebbaren Stopfaggregatrahmen befinden. Links in Abb. 8 wird die Problematik gezeigt, wenn ein Teil der Pickel (rot) starr ausgeführt

ist und die Stopfaggregate auf einem gemeinsamen Rahmen montiert sind. Wenn die inneren Pickel nicht schwenkbar sind und die Aggregate sich auf einem gemeinsamen Rahmen befinden, dann müssen beide Aggregate weit nach innen zur Gleismitte gefahren werden. Damit wird nicht der optimale Tragbereich unter der Schiene gestopft, sondern der Bereich unter der Schwellenmitte. Dies führt zu einer Mittenauflagerung der Schwellen – das begünstigt Schwellenreiten und beansprucht die Schwellen auf Biegung, Betonschwellen können brechen.

Rechts in Abb. 8 sind die Vorteile der neuen universellen Stopftechnik ersichtlich. Alle Pickel sind schwenkbar, die beiden Stopfaggregate werden optimal quer eingestellt. Die einzelnen Pickel werden so verschwenkt, dass sie den optimalen Bereich stopfen.

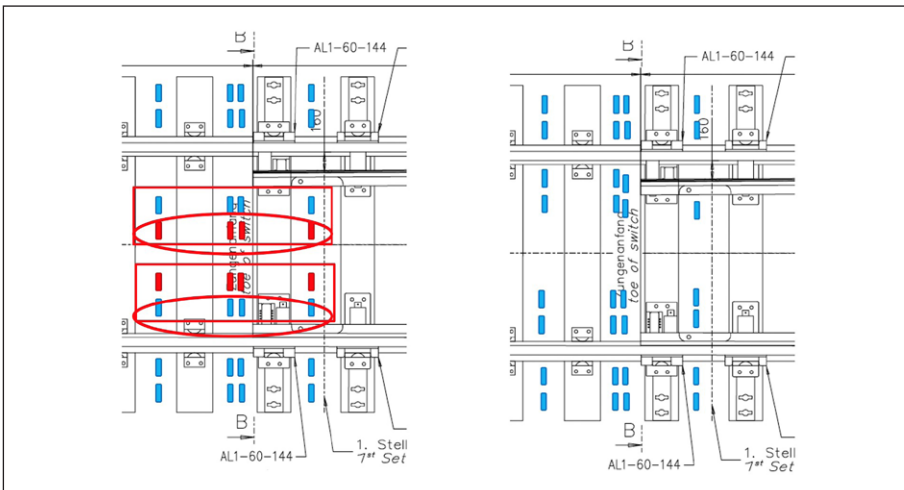


Abb. 8: (l.): Ausführung, bei der sich benachbarte Stopfaggregate auf einem gemeinsamen Rahmen befinden und die inneren Pickel (rot markiert) nicht schwenkbar ausgeführt sind; (r.): Universelle System7-Stopftechnik mit unabhängig positionierbaren Aggregatrahmen und mit universell schwenkbaren Stopfpickeln vermeidet mittiges Stopfen der Schwellen.

Beispiel Weichenantriebsbereich

Im Bereich der Weichenantriebe und der Weichenverschlüsse müssen die Position der Stopfpickel, deren Öffnungsweite und Schließweite sehr genau eingestellt werden, damit eine optimale Verdichtung gelingt.

Abb. 9 zeigt links Aggregate, bei denen die inneren Pickel nicht schwenkbar sind und deren Pickelarme hinsichtlich der Öffnungsweite nicht universell einstellbar sind. Diese weisen keine Möglichkeit zur Begrenzung des Schließwinkels auf. Rot eingezeichnet sind die feststehenden Pickel, die am Weichengestänge aufschlagen würden. Dieser Bereich ist mit herkömmlicher Aggregatechnik, wie im Bild gezeigt, nicht zu stopfen.

Rechts in Abb. 9 sind die Verhältnisse der universellen Stopftechnik zu sehen. Alle Pickel sind schwenkbar. Für alle Pickel können die Öffnungsweite und die erlaubte Schließbewegung vorgegeben werden. Grün eingezeichnet sind die Pickel, deren Position durch eine definierte Öffnung so eingestellt wird, dass sie im freien Bereich tauchen können. Der Bereich der Schließbewegung wird so eingestellt, dass die Pickel nicht an den Schwellen anschlagen. Schon durch die Volumenverdrängung des Schotters beim Eindringen in den Schotter, die dem Pickelvolumen äquivalent ist, kommt es zu einer deutlichen Verdichtung und Stopfung durch die nachfolgende Beistellung. Mit der patentierten Stopftechnik können diese komplexen und herausfordernden Weichenbereiche maschinell gestopft werden.

Automatische Vorfahrt – Schwellenerkennung

Mit der automatischen Vorfahrt wird über einen Sensor der genaue Abstand zur nächsten Tauchposition ermittelt und eine Zielbremsung durchgeführt.

Die Ermittlung des zurückzulegenden Weges erfolgt durch ein Wegmessrad. Ein Algorithmus führt eine Plausibilitätsprüfung durch. Die Position der Schwellen wird über die Messung der Lage der Schienenbefestigungsmittel bestimmt. Liegen die Befestigungsmittel („Kleineisen“) frei, dann wird mithilfe eines der Hebestelle vorlaufenden Laserscanners nicht nur die Lage der Schienen, der Weichenkomponenten und von Hindernissen ermittelt, sondern auch die Lage der Schwellen durch die Erkennung des Kleineisens.

Bei Gleisneulagen, wenn das Gleis bis zur Schienenoberkante eingeschottert ist, versagt der Laserscanner. Redundant zur Scannermessung wurde deshalb ein Sensor entwickelt, der durch den Schotter hindurch das Kleineisen detektiert.

Abb. 10 zeigt den Prototyp des patentierten Kleineisendetektors. Dieser misst aus einer Position oberhalb der Schiene das Befestigungsmittel. Die Position der gemessenen Mitte des Befestigungsmittels wird als Mittenposition der Schwelle angenommen. Der Sensor misst mit

THEMENSCHWERPUNKTE:

Ausgabe Nr. 12/24

Großer Nachbericht von der InnoTrans

- ARTE Projekt:
Erste Tests zur Fernsteuerung von Zügen
- Eisenbahnrecht in Deutschland
- Europäische Fahrdienstvorschrift
- Ökologische Bahnbaumaschinen:
Alternative Antriebsmethoden
- TRACKORD: Einfache Erfassung von georeferenzierten Infrastrukturinformationen
- Instandhaltungskonzepte für die Bahninfrastruktur

Anzeigenschluss: 12.11.24

Erscheinungstermin: 10.12.24

Ausgabe Nr. 1/25

Jahreseröffnungsausgabe: Branchenausblick 2025 mit Statements aus Politik und Wirtschaft

Offizielles Tagungsheft zur 69. Eisenbahntechnischen Fachtagung

- DRUM – Inspektion mit Drohnen
- Fahrstandsimulator
- Tramgleise auf Brücken
- Ahrensburg: Flaschenhals zur festen Fehmarnbeltquerung
- Sanierung der GBT-Tunnel aus Fahrbahnsicht
- Normalspur-Schienen-Verschwenkung bei der Rhätischen Bahn
- Stand von ATO GoA 2 bei Vollbahnen in Deutschland

Anzeigenschluss: 03.12.24

Erscheinungstermin: 10.01.25

Ausgabe Nr. 2/25

- Digitale Karten für vollautomatisiertes Fahren
- Steigerung der Verfügbarkeit von Radsatzlagern durch den Einsatz eines Digitalen Zwilling
- Digitaler Regelwerksassistent in der Fahrzeuginstandhaltung
- Aktueller Stand der DAK
- Vergleich mobiler und stationärer Laserscanner
- Automatisierte Materialerkennung mit iMate
- SteuerungsApp und die Schnittstelle zum Fahrzeug

Anzeigenschluss: 09.01.25

Erscheinungstermin: 06.02.25

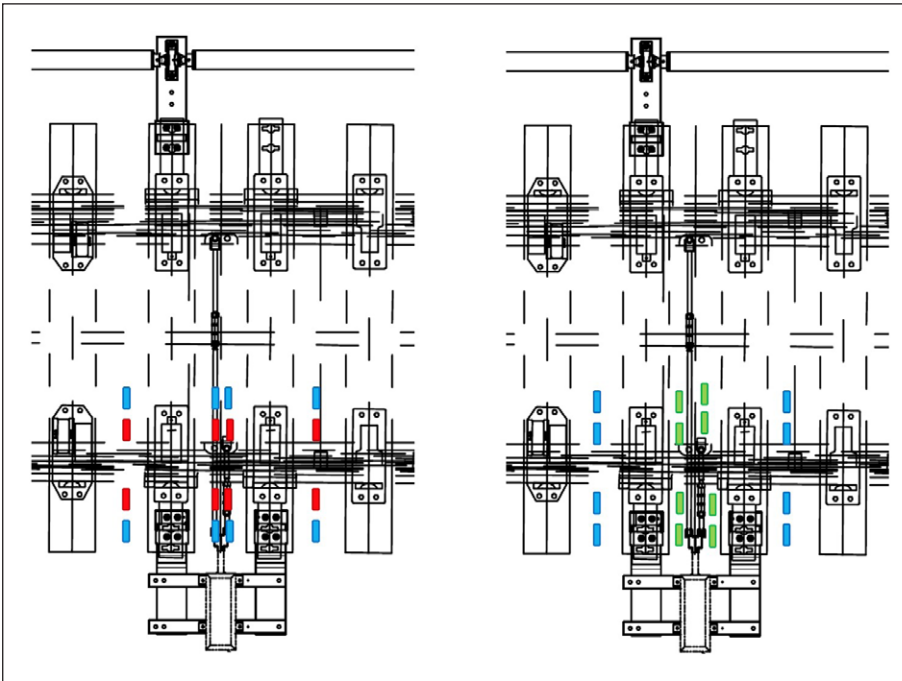


Abb. 9: (l.): Ausführung, bei der die inneren Pickel (rot) nicht schwenkbar sind und Öffnungs- und Schließweite nicht eingestellt werden können; (r.): System7-Stopftechnik mit universell schwenkbaren Pickeln mit unabhängig einstellbaren Öffnungs- und Schließbereichen



Abb. 10: Kleineisendetektor

tels Hallensensoren eine Veränderung des magnetischen Flusses zwischen Schiene und Kleineisen. Der Sensor ist robust und misst so sensitiv, dass auch Befestigungsmittel mit nur geringem magnetisierbarem Anteil gemessen werden können. Damit ist es möglich, bei Volleinschotterung mit der Maschine automatisch von einer zur nächsten Tauchposition vorzufahren.

Nur eine gleichmäßige Verdichtung aller Schwellen führt zu einem langlebigen nachhaltigen Stopfergebnis. Insbesondere die unabhängige Querverschiebbarkeit der acht Stopfaggregate und Schwenkbarkeit aller 32 Pickel, die Möglichkeit, die Öffnungsweite der verschiedenen Pickel an die Erforder-

nisse anzupassen sowie die weitgehende Automatisierung garantieren ein optimales Ergebnis. Die Anwendung des System7-Automatikstopfens reduziert die Stopfzeit, minimiert die Durchlaufzeit der Weiche und führt aufgrund der optimalen Verdichtung zu einer nachhaltigen Gleislage [3]. Umfangreiche Messungen der englischen Eisenbahn Network Rail zeigen im Schnitt eine um 30 % erhöhte Haltbarkeit der Gleislage nach der Stopfung, verglichen mit konventionellen Stopfmethode mit Exzenterstopfaggregaten [4]. ■

QUELLEN

[1] Lichtberger, B.: Das Große Handbuch der Gleisinstandhaltung – mit Neubau und Umbau, Band 1, tredition Verlag GmbH, Hamburg, 2022

[2] Lichtberger, B.: Vollhydraulisch Stopfen – eine neue Technologie für effiziente Instandhaltung, EI – DER EISENBAHNINGENIEUR 7/2015, S. 18-22

[3] Lichtberger, B.: Das neue System7 – Automatikstopfen erhöht die Haltbarkeit der Gleislage, ETR – Eisenbahntechnische Rundschau 9/2020, S. 58-63

[4] Lichtberger, B.: Stopftechnologie und ihre Auswirkung auf die Haltbarkeit der Gleislage, ZEVrail 147, 9/2023, S. 340-347

[5] Lichtberger, Bernhard: Der neue Continuous Tamping Robot 4.0, EI – DER EISENBAHNINGENIEUR 3/2024, S. 2-5



Univ.-Doz. Dr. techn. Bernhard Lichtberger

Geschäftsführender Gesellschafter und CTO
System7 railsupport GmbH,
AT-Laakirchen
bernhard.lichtberger@s7-rail.com