

Vollautomatisierung der Schotterplaniermaschine BallastRobot 4.0

Vollumfängliche Digitalisierung mit Qualitätsabnahmereport

**BERNHARD LICHTBERGER |
HARALD HÜTTMAYR | THOMAS BUCHEGGER**

Ein ausreichend mit Schotter verfülltes und profiliertes Gleis ist für seine Sicherheit und Funktion eine wichtige Voraussetzung. Die neu entwickelte Schotterplaniermaschine BallastRobot 4.0 ist die erste Maschine, die automatische Planier- und Einschottervorgänge erlaubt. Ein universeller Flankenpflug ermöglicht das Pflügen in beide Richtungen. Das Flankenschild ist frei im Raum bewegbar und kann vorgegebene definierte Bewegungsbahnen abfahren. Soll-Profile und durch den Bediener abgespeicherte Profile werden automatisch hergestellt. Die um $\pm 90^\circ$ drehbare Kehrbürste erlaubt den feldseitigen Wechsel von Kehrbürsten innerhalb von 10 Minuten. Erstmals wird ein Schotterplanierabnahmeschrieb auf der Maschine erstellt. Der universelle Mittelpflug bietet neben der automatischen Einstellung der Grundstellung beliebige Zwischenstellungen.

Schotterbearbeitung

Ein ausreichend dimensioniertes und profiliertes Schotterbett garantiert die Stabilität des lückenlosen Gleises und hält den Gleisrost in der berechtigten Lage. Die ordnungsgemäße Verfüllung und Profilierung ist aus Sicherheitsgründen wichtig und unterliegt der Überprüfung und Kontrolle der Gleisaufsicht. Um einer unwirtschaftlichen Verbreiterung des Schotterbettes entgegenzuwirken, wird bei jeder Durcharbeitung und vor jeder Neuschottereinbringung der vorgesehene Bettungsquerschnitt hergestellt. Wird der Schotterquerschnitt nicht instandgehalten, liegen im Gleisnetz große Mengen von ungenutztem Schotter. Die Verlagerung des Schotters im Gleis, insbesondere durch Maschinen mit Schottersilo oder in Verbindung mit größeren Schotterspeichern, sowie dessen Rückgewinnung von der Flanke sind Faktoren höchster Wirtschaftlichkeit.

Schotterbearbeitung bei Instandhaltungsarbeiten

Nach einer Stopfung ist das Schotterbett entsprechend dem vorgeschriebenen Bettungsprofil wiederherzustellen. Das umfasst eine ausreichende Einschotterung der Schwellen im Kronenbereich, die entsprechende Schot-

terbreite vor Kopf der Schwellen und die Schotterflanke mit der Neigung 1:1,25. Die Einschotterung der Schwellen wird mittels Mittelpflug durchgeführt und die der Flanke mit dem Flankenpflug.

Die Schotteroberkante soll auf gleicher Höhe wie die Schwellenoberfläche liegen. Überschüssiger Schotter muss von den Schwellen nach dem Stopfen abgekehrt werden.

Fehlt in den Zwischenfächern Schotter, ist dieser vor der Stopfarbeit entsprechend vorzulagern. Vor dem Stopfen werden die Zwischenfächer verfüllt, und der überschüssige Schotter wird entweder über die Kehrbürste und das Steilförderband in einem Silo gespeichert oder aber seitlich auf die Flanke abgeworfen.

Etwaige Tauchtrichter, die durch das Eindringen der Stopfpickel in den Schotter entstanden sind, sind zu verfüllen und zu planieren. Fehlt Schotter, wird dieser entweder dem Silo entnommen oder von der Flanke heraufgezogen.

Schotterbearbeitung bei Neu- und Umbau

Bei einer Neulage, nach Umbau oder einer Bettungsreinigung wird der Schotter lagenweise durch eine Stopfmaschine und ggf. mithilfe

eines Gleisstabilisators verdichtet und stabilisiert. Bei einer Bettungsreinigung fällt etwa 30 % Abraum an, dieser ist durch Neuschotter zu ersetzen. Das entspricht einem Schotterband von 100 mm Dicke. Maximal zulässige Hebungen für einen Stopfdurchgang liegen bei 40 mm. Das bedeutet, dass nach einer Gleisreinigung mindestens drei Stopfgänge durchzuführen sind. Der Neuschotter wird ins Gleis abgeladen und bildet dort unregelmäßige Schotterstreifen. Vor jedem Stopfgang verfüllt die Schotterplanier- und Verteilmaschine den Schotter über den Schwellen so hoch, dass der Hohlraum unter den Schwellen bei 40 mm Hebung verfüllt werden kann. Eine analoge Vorgehensweise wird bei Neulagen und Gleisumbau angewendet.

Stand konventioneller Schotterplanier- und Verteilmaschinen

Seit Ende der 1950er Jahre gibt es Schotterplaniermaschinen, seit Mitte der 1960er Jahre Schotterverteiler- und Planiermaschinen, die alle wesentlichen Arbeitsaggregate wie Stirnpflug, Flankenpflug, Schotteraufnahme mit Silo und Kehrbürste aufweisen (Abb. 1) [1].



Abb. 1: Schotterverteiler- und Planiermaschine

Quelle: Egon Schubert

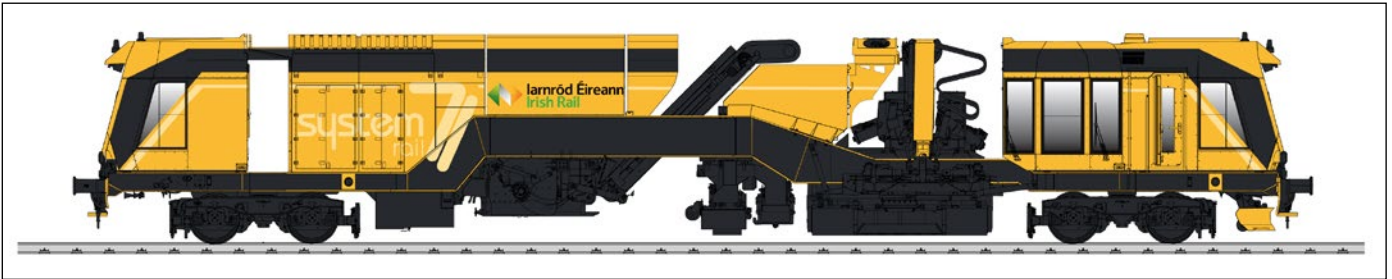


Abb. 2: BallastRobot 4.0

Heute ist eine breite Palette an Schotterbearbeitungsmaschinen von einfachen bis komplexen Schotterpflügen vorhanden. Es ist festzuhalten, dass sich die wesentlichen Eigenschaften und Methoden zum Verteilen und Planieren des Schotters in den letzten 50 Jahren nicht entscheidend verändert haben. Noch immer werden die Schotterflüsse manuell, nach Einschätzung des Bedieners, gelenkt. Die Gestaltung der Flankenwinkel obliegt somit seiner Erfahrung. Er muss Hindernisse im Gleis erkennen und diesen rechtzeitig, beispielsweise durch Anheben des Mittelpfluges und der Kkehrbürste, ausweichen. Um Kollisionen mit Masten zu vermeiden, muss der Flankenpflug zur Maschine hinbewegt werden – dabei muss der Bediener das Schild gleichzeitig anheben, damit keine Wange in die Flanke planiert wird. Vorhandene Maschinen zur Schotterverteilung und Planierung weisen bislang keine Qualitätssicherung ihrer Arbeit auf. Es gibt

keine objektive Kontrolle des Abstandes von der Schienenmitte bis zur Schotterbettschulterkante, des Flankenwinkels, eines etwaigen Schotterüberschusses an der Schulter oder des Verfüllungsgrades der Zwischenfächer etc. Die Ausführung vorhandener konventioneller Schotterbearbeitungsmaschinen weist nur einen unzureichenden Schutz von Linienleitern auf. Die möglichen Schotterlenkszenarien sind unflexibel und auf wenige Grundstellungen beschränkt.

Standard bei den Maschinen ist beim Flankenpflügen lediglich eine Arbeitsrichtung. Die Automatisierung befindet sich noch in den Kinderschuhen. Nach wie vor ist die manuelle Bedienung mit zwei Bedienern vorherrschend [2].

Die Verteilung des Schotters unterliegt noch immer subjektiven Prinzipien, bestimmt von den Fähigkeiten der Maschinenbesetzung. Viele Maschinen verfügen nur ansatzweise

über moderne Methoden der Digitalisierung, der Anwendung von Expertensystemen oder der Qualitätsüberwachung.

Die Weltneuheit: BallastRobot 4.0

Der neu entwickelte BallastRobot 4.0 (Abb. 2) nutzt den vollen Umfang der vorhandenen Möglichkeiten der Digitalisierung – das Internet of Things (IoT), Digital Twin Technologie (DT), Cloud Computing (CC), intelligente Sensorik, Simulationstechniken, Expertensysteme und Artificial-Intelligence (AI)-Anwendungen. Mit dem BallastRobot 4.0 existiert erstmals eine automatisch arbeitende voll digitalisierte Maschine, die durch die folgenden Innovationen gekennzeichnet ist:

- Ein universeller Flankenpflug, mit dem in beide Richtungen gepflügt werden kann
- ein universeller Mittelpflug mit optimalem Linienleiterschutz
- Ein-Mann-Bedienung
- Qualitätsabnahmeschrieb des erzeugten Bettungsprofils
- eine um $\pm 90^\circ$ drehbare Kkehrbürste, die den Tausch einer Kkehrwelle in 10 Minuten erlaubt
- automatische Positionierung des Flanken- und Mittelpfluges nach vordefinierten und durch den Bediener definierten Soll-Bettungsprofilen
- automatische Detektion von Hindernissen
- Lernmodus der Aggregate zum automatischen Ausweichen vor Hindernissen
- höchster Level an Bedienkomfort durch Automatisierung von Planier- und Verteilvorgängen.

Automatisierungsvoraussetzungen

Die Konzeption der Schotterplaniermaschine erfolgte unter den Gesichtspunkten einer maximalen Maschinenautonomie, die durch die verwendeten Sensoren und Aktuatoren ermöglicht wird. 56 der insgesamt 76 Hydraulikzylinder sind mit einem hochauflösenden Wegmesssystem ausgestattet. Die einzelnen Zylinder werden durch die Steuerungstechnik der Maschine über 56 Steuerblöcke bedient und im Sinne einer optimalen Gesamtbewegung geregelt. Dadurch können die Arbeitsabläufe im sequenzierten Verbund schneller und präziser durchgeführt werden.

Dem dezentral auf der Gleisbaumaschine verteilten Automatisierungssystem ist eine redundante Ethernet basierte Kommunikationsstruktur

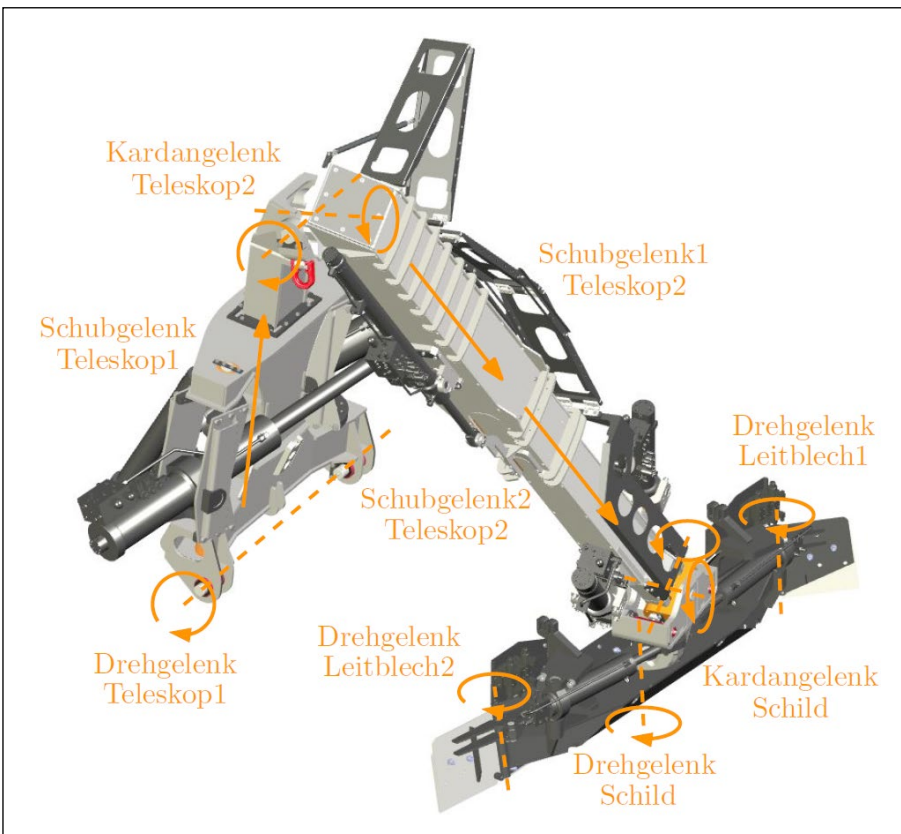


Abb. 3: Kinematik des Flankenpfluges

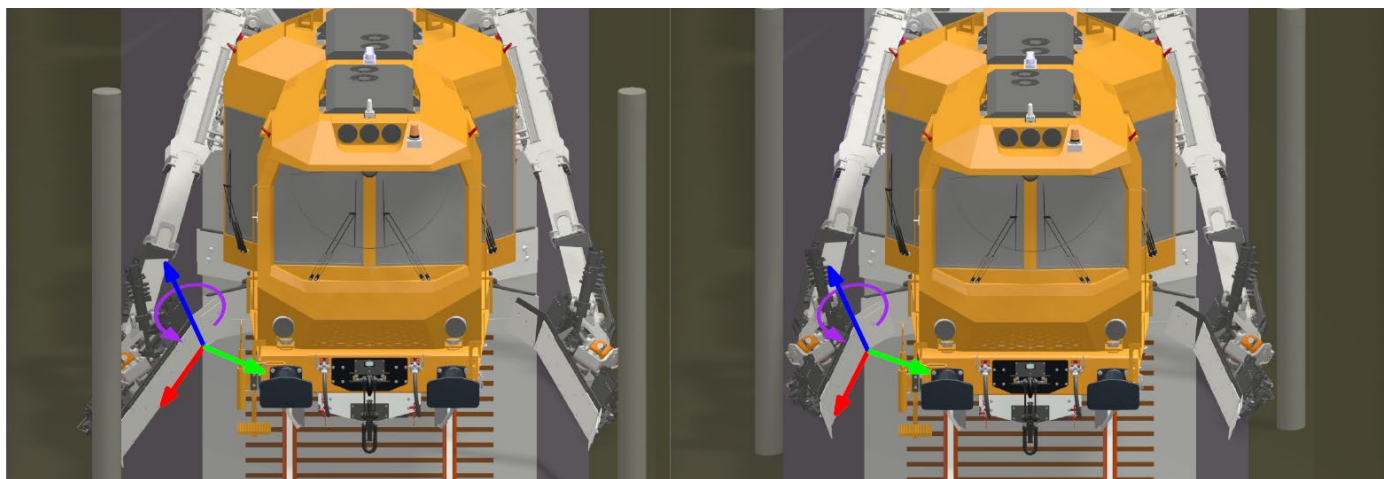


Abb. 4: Erleichterte Führung des Flankenpfluges – Ausweichen vor einem seitlich stehenden Mast (links: vor dem Hindernis, rechts: am Hindernis)

tur überlagert. Dadurch werden die externen Komponenten auf der Maschine miteinander verbunden. Zudem erfasst diese Systemarchitektur passiv den Zustand des Zugsicherungssystems und steuert aktiv die Klimaanlage, den On-Board-Generator, das Kamerasystem und die digitalen Bildverarbeitungssysteme. Der Vorteil ist die permanente Zustandsüberwachung der miteinander verbundenen Systeme.

Die maschineninterne Vernetzung ermöglicht die direkte Kommunikation zwischen verschiedenen Rechnersystemen. Die Berechnungseinheit der optimalen Schotterverteilung sendet direkt Befehle an die Robotersteuerung des Flankenpfluges, was eine effektive Regelung der automatischen Schotterverteilung ermöglicht. Wird der Ballast-Roboter im Verbund mit einem Tamping-Roboter von System7 eingesetzt, wer-

den infrastrukturspezifische Daten mit Ortsbezug zwischen den Maschinen übertragen und somit essenzielle Stellen im Baustellenbereich maschinenübergreifend gekennzeichnet und verarbeitet.

Die Maschine weist zwei Arbeitsplätze auf. Von jedem Arbeitsplatz aus ist auch Ein-Mann-Bedienung möglich. Permanent gibt die Maschinenvisualisierung einen Überblick zum Gesamt-

DAS NEUE ZEITALTER DER INTELLIGENTEN STOPFMASCHINEN

system
rail 7



Zyklischer Universal Tamper S7 PLS 16 4.0
Verfügbar mit 16-Pickel Weichenstopf-Split-Head-Aggregaten, großem Werkstatt-/Sozialraum mit oder ohne Kehreinrichtung



Kontinuierlicher Tamping Expert S7 CPLS 32 4.0
Verfügbar mit 32-Pickel Weichenstopf-Split-Head-Aggregaten, großem Werkstatt-/Sozialraum mit oder ohne Kehreinrichtung sowie (zweifachem) dynamischem Gleisstabilisator



Schotterplaniermaschine S7 HSP 4.0
Universeller Mittel- und Flankenpflug, drehbarekehrbürste, großer Silo



GLEISBAUMASCHINEN

WWW.S7-RAIL.COM

zustand der Maschine. Diese Informationen können in Echtzeit mit externen Servicetechnikern über eine GSM-Verbindung geteilt werden. Die Maschine ist mit einer Wegmessung, einem Satellitenmesssystem, einem WLAN und einem GSM-Modem ausgestattet. Über das Modem werden die Daten wie Schottermengen, Ist-Schotter-Profile, Zustandsdaten der Maschine und der Schotterabnahmereport automatisch an die Webplattform INFrame übertragen. Das WLAN erlaubt die einfache und drahtlose Inbetriebnahme der Maschine. Trendbasiertes Zustandsmonitoring der Maschine sowie 24-Stunden-Hotline mit Remote Analysis gehören zur Standardausrüstung [3]. Die Maschine hat auf der einen Seite eine kombinierte Fahr-Arbeitskabine, auf der anderen eine Fahrkabine. Jeweils in Fahrtrichtung sind Videokameras und Sicherheitsscanner aufgebaut. Die LiDAR-Systeme überwachen den jeweiligen Nahbereich. Die beiden Bedienersitze der Arbeitskabine sind dreh- und verschiebbar ausgeführt, damit ihre Arbeitsstellung optimal nach der erforderlichen Sicht ausgerichtet werden kann. Links und rechts

vom Bedienerstz befinden sich Touchscreens. Der rechte Monitor ist für die Bedienung und Steuerung; der Bediener nimmt hier überwiegend die Einstellungen vor. Auf dem linken Bildschirm werden Statusinformationen zu den Aggregaten und zum Schotterprofil dargestellt. Des Weiteren werden Videostreams von neuralgischen Stellen nach Bedarf und im Arbeitsbetrieb auf den Monitoren angezeigt. Im Fußraum der Arbeitskabine befindet sich in jeder Fahrtrichtung ein Display, auf dem Kamerabilder zur Erleichterung der Bedienung dargestellt werden.

Profils Scanner und Abnahmeschrieb

Vorne und hinten an der Maschine befindet sich je ein LiDAR-Scanner, der das Schotterprofil erfasst und aufzeichnet. Je nach Arbeitsrichtung werden die Schotterverhältnisse vor bzw. nach der Bearbeitung erfasst. Abhängig von den Schottermengen und der Vorlagerung errechnet und steuert der Bordcomputer automatisch die Positionen der Pflüge, um eine optimale Verteilung sicherzustellen.

Am Ende der Planier- und Verteilarbeiten wird das aktuelle Schotterprofil erfasst und mit dem vorgegebenen Soll-Profil verglichen. Der automatisch auf der Maschine erstellte Abnahmeschrieb überprüft die Einhaltung der Toleranzen, insbesondere des Flankenwinkels und der Bettungsschulterbreite.

Nahbereichsüberwachung

Damit die Maschine bei nicht besetzter Fahrkabine aus der Arbeitskabine in Bewegung gesetzt werden kann, wird eine Nahbereichsüberwachung eingesetzt. Dafür ist in jede Fahrtrichtung neben den Videokameras zusätzlich ein LiDAR-Scanner aufgebaut. Dieser verfügt über vordefinierbare Vorwarn- und Warnbereiche. Wird der Vorwarnbereich verletzt, werden eine akustische Warnung und eine Meldung ausgegeben. Bei einer Verletzung des Warnbereiches wird die Maschine gestoppt.

Automatisierung der Arbeitsaggregate

Der automatisierte Flankenflug

Die Planiermaschine kann in beide Richtungen arbeiten. Dazu müssen die Flankenpflüge um 180° drehbar ausgeführt sein. Durch diese Ausführung fördert der Flankenflug je nach Arbeitsrichtung den Schotter von vorne oder von hinten in den Mittelpflug hinein. Damit der Schotterfluss nicht unterbrochen wird, darf zwischen dem hinteren Ende des Flankenpflugschildes und dem äußeren Leitblech des Mittelpfluges keine Lücke entstehen. Der Bediener kann über die Software eine virtuelle Kopplung der Pflüge herstellen. Der Flankenflug wird dann automatisch mit dem Mittelpflug mitbewegt und stellt so sicher, dass der Schotterfluss nicht unterbrochen wird. Das Resultat ist ein einfacher, intuitiver und ergonomischer Arbeitsvorgang.

Wenn die Arbeitsrichtung geändert wird, ist eine automatische Umpositionierung des Flankenpfluges innerhalb des zugelassenen Arbeitsraumes möglich. Bestimmte Arbeitsstellungen können entlang berechneter Bewegungsbahnen angefahren werden, wodurch sich die Positionierung sowie der Ver- und Entriegelungsvorgang der Flankenpflüge erleichtert.

Kinematik des Flankenpflugs

Jeder der beiden Flankenpflüge verfügt über neun Gelenke, die in Summe elf Freiheitsgrade besitzen. Diese sind in der Abb. 3 schematisch dargestellt. Die Regelung des Flankenschildes überdeckt den gesamten Funktionsbereich Flanke bis Sicherheitsraum. Dafür sind Gleichungen für die Gelenkvariablen q und die Position und Orientierung des Flankenschildes z_E anzugeben und zu berechnen.

Für die vorliegende Inverskinematik existiert keine analytische Lösung, daher muss diese mit einem numerischen Berechnungsverfahren gelöst werden. Als Ausgangspunkt dient der Zusammenhang der Gelenkgeschwindig-

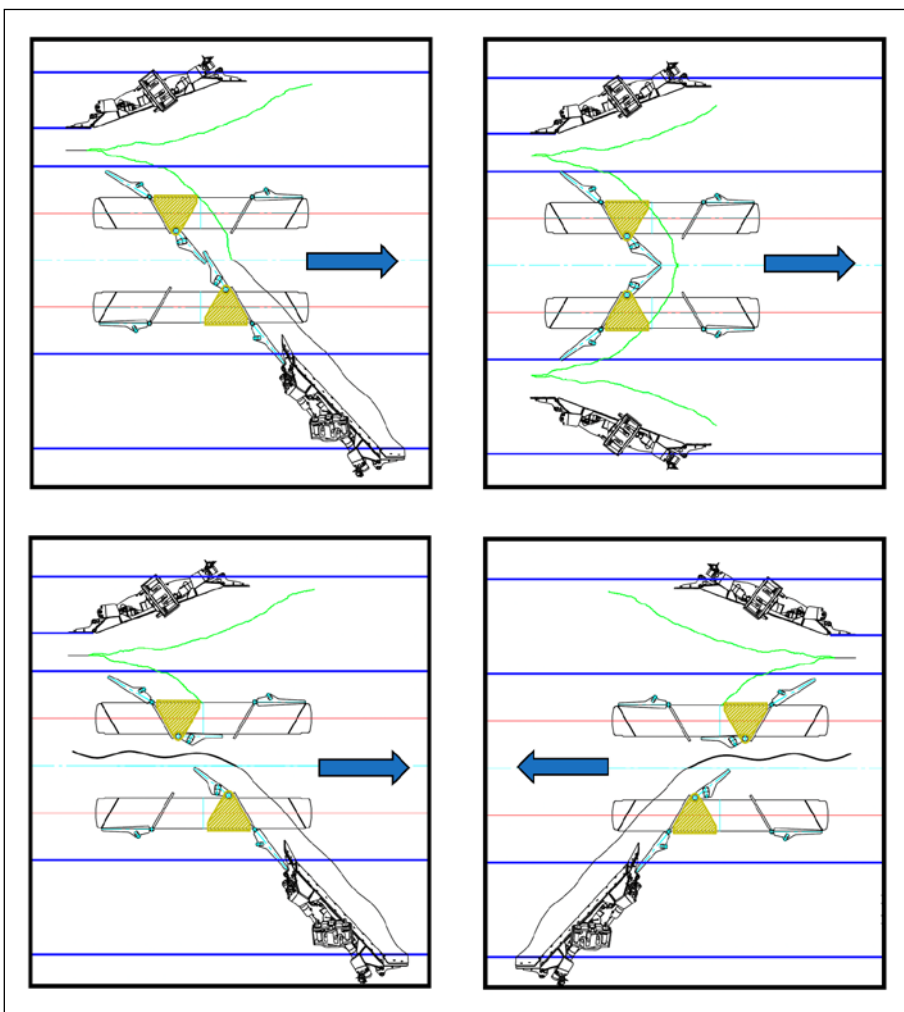


Abb. 5: Schema verschiedener Einstellungen der inneren Leitbleche des universellen Mittelpfluges. Oben links: Pflügen von rechts nach links. Oben rechts: Pflügen aus der Mitte. Unten links: Pflügen eines Schotterstreifens links von der Gleismitte. Unten rechts: Pflügen eines Schotterstreifens links von der Gleismitte bei geänderter Arbeitsrichtung

keiten $\dot{q}=J(q)^{-1}\dot{z}_E$ mit den Geschwindigkeiten des Schildes \dot{z}_E und der geometrischen Jacobimatrix $J(q)$. Durch Integration von \dot{q} erhält man die gesuchten Bewegungskordinaten der Gelenke $q(t)=\int_0^t \dot{q}(\xi)d\xi+q(0)$.

Damit eine fehlerfreie Berechnung der gesuchten Gelenkkordinaten möglich ist, wird die Ausgangsgleichung mit einem Fehlerterm Ke erweitert. Der Fehlervektor e setzt sich aus dem Positions- und Orientierungsfehler zusammen. Mit dem Ansatz $\dot{q}=J(q)^{-1}(\dot{z}_e+Ke)$ erhält man ein äquivalentes lineares Fehler-system, das für eine positiv definite Matrix K , asymptotisch stabil ist. Dadurch ist sichergestellt, dass die gewünschten Positionen des Flankenpfluges fehlerfrei berechnet werden. Für die Regelung des Flankenpfluges werden sechs der elf Freiheitsgrade verwendet. Dadurch kann das Flankenschild frei im Raum bewegt und jede gewünschte Bewegungsbahn abgefahren werden. Für die Berechnung und Steuerung werden gängige Methoden der Robotik eingesetzt.

Bedienung des Pfluges

Der Bediener kann die Position und Orientierung des Schildes beliebig vorgeben. Dazu stellt er die Position, den Flankenwinkel, den Winkel zur Schienenlängsrichtung sowie den

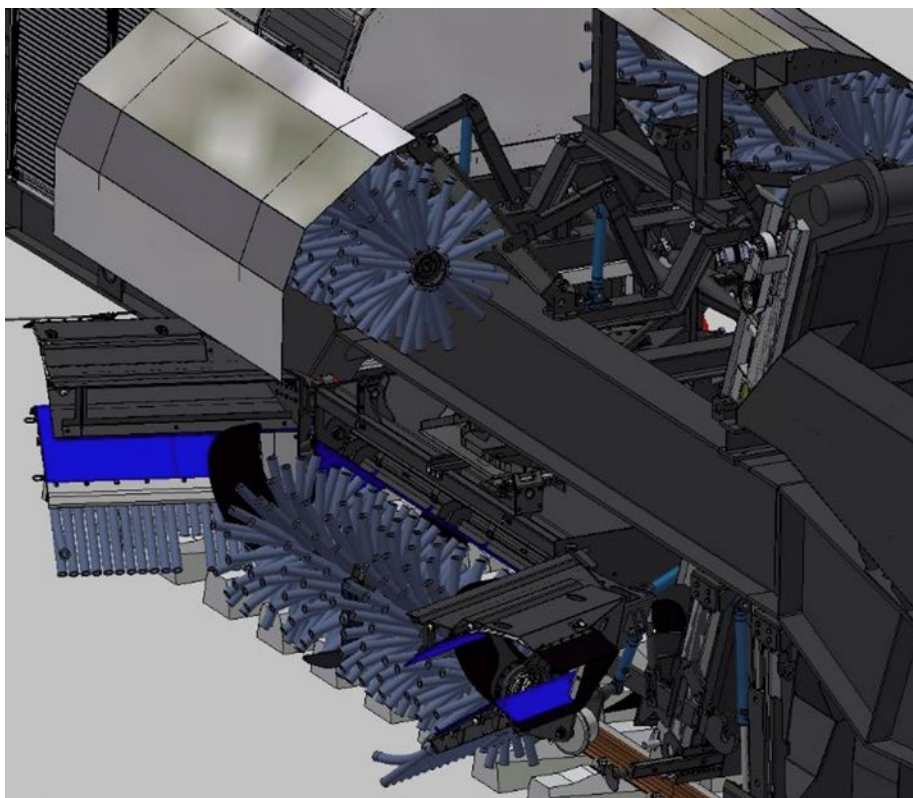


Abb. 6: Kkehrbürste um 90° feldseitig zum Tausch gedreht

Global Rail GROUP
presents
**European Conference
Rail Track Ballast Management 2023**
09 - 10 November 2023
Düsseldorf, Hotel Meliá

**2 DAYS, 15 SPEAKERS,
FROM 7 COUNTRIES**

Photo: © Plasser & Theurer

The conference with its different perspectives on ballast offers an excellent insight into the modern methodology of how to measure, assess, manage, and replace ballast.

Presented by experts from all over Europe.

Special Partners:



◀ Detailed information and registration:
www.global-rail-group.com/events

Organized by Global Rail Academy and Media
and Jottkaa Projekt.Konzept GmbH

GRT Global Rail Academy and Media GmbH
Werkstättenstr. 18
51379 Leverkusen

Angriffswinkel zwischen Schild und Flanke unabhängig voneinander über einen Joystick ein. Wenn die Drehachse senkrecht auf die Flankenebene positioniert wird, ist es möglich, das Schild mit nur einem Steuerungselement entlang der Flanke (mit beliebigen Flankenwinkeln) zu bewegen. Dadurch wird die Bedienung beim Arbeiten erleichtert. Um einem Hindernis auszuweichen, beispielsweise einem Oberleitungsmasten (Abb. 4), muss das Flankenschild nicht nur zur Maschine gezogen, sondern auch entsprechend dem Flankenwinkel angehoben werden. Die Steuerung

der Planiermaschine führt die Kombination der beiden Bewegungen automatisch aus. Der Bediener beobachtet und kontrolliert lediglich die Schildspitze und muss sich nicht mit der kombinierten Bewegung befassen. Das reduziert und vereinfacht die notwendigen Bedienerhandlungen – die Qualität der Schnittführung steigt erheblich.

Die Überhöhung des Gleises wird durch Neigungssensoren erfasst. Der sich einstellende Winkel der Schotterflanken ist absolut, weil er von der Schwerkraft abhängig ist. In der Überhöhung muss der Pflugwinkel dementspre-

chend angepasst werden. Diese Korrektur wird ebenfalls von der Pflugsteuerung automatisch durchgeführt.

Der automatisierte Mittelpflug


Der universelle Mittelpflug ist geteilt ausgeführt. Jeder Teil kann getrennt vertikal und horizontal verstellt werden. Die seitliche Auslenkung im Bogen und die Höhe der Überleitbleche über der Schiene werden geregelt und müssen dadurch nicht vom Bediener korrigiert werden. Beide Mittelpflüge besitzen auf der Außenseite zwei kontinuierlich einstellbare Leitbleche. Die-

Eurail
press

Archiv

Ohne Umwege zu Ihren Fachartikeln

 35.000 Beiträge

 laufende Aktualisierung

 individuelle Suchoptionen

 Volltextsuche

 Sofort-Download

Jetzt
30 Tage
testen!

DER
EISENBAHN
INGENIEUR

ETR
EISENBAHNTECHNISCHE RUNDschau

EIK
EISENBAHN-INGENIEUR
KOMPENDIUM

 SIGNAL-DRAHT

Rail
BUSINESS

bahn manager

GÜTERBAHNEN
POLITIK & MARKT & TECHNIK

DER NAHVERKEHR
Öffentlicher Personennahverkehr in Stadt und Region

Eurail
press

www.eurailpress.de/archiv-testen

Archiv

se dienen zum ebenen Planieren des Vorkopfes und zur nahtlosen Übernahme des Schotters vom Flankenpflug. Die Drehvorrichtungen für die inneren Leitbleche befinden sich auf einer in Längsrichtung verschiebbaren Konsole. Die inneren Leitbleche sind ebenfalls kontinuierlich einstellbar. Da die Drehantriebe nicht mittig in Gleisachse aufgebaut sind, kann bei Bedarf eine Linienleiterabdeckung ungehindert von oben nach unten abgesenkt werden. Der fließende Schotter wird dann über den Linienleiter gelenkt. Der Mittelpflug verfügt über die folgenden üblichen Standardeinstellungen in beiden Arbeitsrichtungen: Schotterverlagerung von links nach rechts und umgekehrt, Pflügen in die Mitte und aus der Mitte heraus. Die Längsverschiebung und die kontinuierliche Dreheinstellung der inneren zwei Leitbleche erlaubt neben den Standardpflugstellungen beliebige Zwischenstellungen (Abb. 5). Zwischenstellungen können durch

den Bediener abgespeichert und zu einem späteren Zeitpunkt abgerufen werden. Abgerufene gespeicherte Zwischenstellungen werden durch die Steuerung automatisch eingestellt.

Drehbare Kkehrbürste mit Steilförderband und 8,5 m³-Silo

Die Kkehrbürsten werden an die Schotterverhältnisse und den Schwellentyp angepasst. Üblich sind drei verschiedene Kkehrwellen. Dies umfasst das Abkehren von Betonschwellen und Holzschwellen sowie das Tiefkehren auf Hochgeschwindigkeitsstrecken. Um den Tausch von Kkehrwellen einfacher und schneller zu gestalten, ist die gesamte Kkehranlage um $\pm 90^\circ$ drehbar ausgeführt. Damit kann sie zur Feldseite gedreht werden, wie in Abb. 6 dargestellt. Die Tauschkkehrwellen sind oben an der Maschine über ein einfaches Hebezeug und eine Klappe sicher verstaut. Die Vordersei-

te der Kkehrbürste kann aufgeklappt werden, und die Kkehrbürste ist linear nach außen verschiebbar. Damit ist die Kkehrwelle frei zugänglich. Dadurch können die Kkehrwelle oder die Bürstenschläuche auf der Baustelle getauscht werden. Die seitlichen Antriebe sind einfach zu öffnen. Der Tausch einer Kkehrwelle dauert etwa 10 Minuten. ■

QUELLEN

[1] Lichtberger, B.: Das Große Handbuch der Gleisstandhaltung, Band 1; tredition Verlag GmbH, 2022

[2] Demml, M.; Steinwenker, H.: Schotterprofilierung im Kontext der mechanisierten Gleisdurcharbeitung, DER EISENBAHNINGENIEUR 2/2023, S. 34-39

[3] Lichtberger, B.: Bahnindustrie 4.0: Innovative Railway Vehicle Monitoring RaVeM in der Anwendung, ZEVrail 140, 5/2016, S. 179-187

Alle Autoren:
System7 rail, AT-Laakirchen



Univ.-Doz. Dr. Bernhard Lichtberger
Chief Technical Officer
Shareholder of System7 rail
bernhard.lichtberger@s7-rail.com



Dipl.-Ing. Harald Hüttmayr
Head of Automation Engineering
harald.huettmayr@s7-rail.com



Dipl.-Ing. Thomas Buchegger
Automation Engineer
thomas.buchegger@s7-rail.com



KUMAK MEHRGLEISAUSLEGER MIT PATENTIERTEM KEILSCHNELLVERSCHLUSS

Dank der einfachen und formschlüssigen Steckverbindungen und nur wenigen Schraubverbindungen ist der KUMAK Mehrgleisenausleger mit patentiertem Keilschnellverschluss schnell und einfach aufgebaut. Aufgrund des torsionsfesten Anschlusses am Masten benötigt der Ausleger zudem keine Windsicherung – eine leistungsstarke Tragstruktur in schlankem Design.

- ✓ Abdeckung von bis zu drei Gleisen (bis zu 17 m ab Mast) möglich
- ✓ Kurze Montagezeit und optimale Nutzung von kurzen Sperrpausen
- ✓ Kompatibel mit verschiedenen Fahrleitungssystemen
- ✓ Geeignet für die Montage mit dem Helikopter

Kummler+Matter AG
Rietstrasse 14
8108 Dällikon
Schweiz

+41 44 247 47 47
info@kummlermatter.ch
www.kummlermatter.ch

