



Quelle: <https://www.zevrail.de/artikel/bahnbau-im-oekologischen-wandel-gruener-uebergang-der-gleisinstandhaltung>

2024 (Jahrgang 148) / Ausgabe 01/02 / Sprache: Deutsch

Bahnbau im ökologischen Wandel – grüner Übergang in der Gleisinstandhaltung

Autoren: Simon Misar, Dipl.-Ing. Dr. techn. Fabian Hansmann

Zusammenfassung

Komplexe Zusammenhänge bei Bau- und Instandhaltung von Schienenfahrwegen bedürfen ganzheitlicher Betrachtung, um Ressourcen zu schonen und nachhaltig zu agieren. Das bedeutet, Neumaterialbedarf sparen durch Wiederaufbereitung, Fließbandsysteme zur Baustelle bringen und dadurch Transportwege reduzieren, Arbeitsverfahren technologisch richtig kombinieren und Synergien heben sowie effiziente Schnittstellen zu In-spektion und Vermessung nutzen. Eine Ressource sticht in der Beschaffung der Infrastrukturunternehmen besonders heraus: der Gleisschotter. Rückgewinn durch lokale Wiederaufbereitung spart bei der Beschaffung und schont auch die Umwelt durch Reduktion von Transporten. Elektrische Traktion hat im Bahnbau eine lange Tradition, alternative Antriebe sind noch relativ jung. Eine Studie untersuchte das Anwendungspotenzial alternativer Antriebe für Gleisbaumaschinen und bietet eine klare Clusterung. Lokal emissionsfrei heben die Maschinen mit diesen Antrieben Ergonomie und Akzeptanz durch Lärmreduktion.

1 Einleitung

Der Transportsektor verursacht heute ein Drittel der Treibhausgasemissionen und der Aufruf zur Dekarbonisierung ist deutlich zu hören. Die Bahn ist mit einem grünen Fußabdruck bereits eine höchst umweltfreundliche und zugleich leistungsfähige Alternative zum Straßenverkehr. Und das nicht ohne Grund, denn der Aufschwung der Schiene als Verkehrsträger für Personen und Güter bietet noch großes Potenzial. Doch die Forderung nach Kapazitätssteigerungen, höheren Geschwindigkeiten und mehr Transportvolumen bringt die Infrastrukturunternehmen an ihre Grenzen. Neue Lösungen und Denkansätze sind gefragter denn je.

Große Hoffnungsträger sind die digitale Vernetzung, künstliche Intelligenzen und alternative

Antriebssysteme. Daneben gilt besonderes Augenmerk dem nachhaltigen Einsatz vorhandener Ressourcen im Sinne einer Kreislaufwirtschaft.

Die Möglichkeiten zum Umstieg auf erneuerbare Energieträger stehen im Fokus. Der große Vorteil der Bahn ist die elektrische Traktion, wobei in Deutschland bereits gut 60 % der Strecken elektrifiziert sind. Bei der Stromerzeugung investieren Indien und Frankreich in Photovoltaik, während Deutschland und Skandinavien auf Windenergie und Wasserkraft setzen. Beim Ausbau zu netzweiten Fahrstromsystemen gibt es global noch großen Aufholbedarf. In den USA, Südamerika und Australien haben alternative Antriebsformen große Bedeutung bei der Traktion. Es gibt zahlreiche parallele Entwicklungen in der Bahnindustrie: Batteriesysteme, Ideen zur Wasserstoffversorgung und synthetische Kraftstoffe als Übergangslösung treffen auf großes politisches und öffentliches Interesse [1].

Hoher Transportbedarf auf der Schiene heißt auch: Die Trasse soll maximal verfügbar sein. Bedeutet dies die stetige Pflege eines Kompromisses? Dieser Artikel gibt Einblick in fünf Aspekte des ökologischen Bahnbaus.

2 Gesamtheitlicher Blick: Wahl des Verfahrens und schonender Ressourceneinsatz gehen Hand in Hand

Dichtere Fahrpläne bedeuten weniger Zeit für die Netzinstandhaltung. Die Komplexität steigt. Genaue Kenntnis des Anlagenzustands ist eine wichtige Basis für Planungen der Infrastrukturmanager. Sämtliche Assets am Fahrweg werden intelligent und vernetzt. Das sind entscheidende Beiträge, da eine physische Streckenbegehung durch den Bahnmeister zunehmend zu einem Relikt aus dem vorigen Jahrhundert wird. Heute wird vorausgesetzt, alle aktuellen Daten schnell und transparent jederzeit verfügbar zu halten, um Entscheidungen für die Instandhaltung frühzeitig treffen zu können.

Plasser & Theurer greift mit 70 Jahren Erfahrung im Gleisbau auf umfangreiches Wissen zurück, das heute in digitalisierter Inspektion, Zustandsanalyse und bei der Automatisierung der Instandhaltung zum Einsatz kommt. Die vielen Jahrzehnte der Mechanisierung im Gleisbau bilden heute die Grundlage für nachhaltige Technologien. Ein Beispiel dafür ist das Fließbandverfahren. Es bündelt alle wichtigen Prozessschritte zu Gleisumbau oder Sanierung der Bettung in einem geschlossenen System, das zum Einsatzort gebracht wird und binnen weniger Stunden die Komponenten des Fahrwegs tauscht und lokal bestmöglich wiederaufbereitet. Die „Assembly Line“ – das Fließbandverfahren direkt am Gleis – spart viele Transportwege und zusätzliche Baustraßen für die Logistik abseits der Bahn (Bild 1).

Gleisgebundene Bau- und Sanierungsverfahren sind in der Wirkungsbilanz, besonders im Hinblick auf Umwelt-Wirkungsindikatoren, um 30 bis 40 % ökologischer als konventionelle Bahnbaustellen.

Infrastrukturbetreiber verbessern dadurch ihre Umweltverträglichkeit, die Ökobilanz der Infrastruktur und

das Image der grünen Schiene wird weiter gestärkt.

In einer Untersuchung von Klügel und Lieberenz [2] (beide GEPRO Ingenieurgesellschaft mbH, Dresden) wurde ein ökologischer Vergleich von zwei alternativen Bauverfahren zum komplexen Umbau von Ober- und Unterbau einer Eisenbahnstrecke mit Bettungsreinigung beziehungsweise Bettungserneuerung und Einbau von Tragschichten auf einer konkreten Baustelle durchgeführt. Zur Bewertung hinsichtlich Nachhaltigkeit und zum Vergleich der zu erwartenden Umwelteinwirkungen der beiden Bauverfahren wurde eine sogenannte Ökobilanz erstellt. Nach der Festlegung von Ziel und Untersuchungsrahmen wurden eine Sachbilanz und eine Wirkungsbilanz erstellt. Mit einem normierten Bewertungsverfahren wurden alle anfallenden Mengen, Massen, Transporte, Energieströme und Energieverbräuche unter Berücksichtigung einer Materialwiederaufbereitung des Schotters zusammengestellt und betrachtet. Die Wirkungsbilanz fokussierte auf Nachhaltigkeit und dem Ziel der Ressourcenschonung und Emissionsreduzierung. Maßgebend waren dabei die sich aus dem Energieverbrauch und der Verbrennung fossiler Treibstoffe ergebenden Wirkungen bezüglich Klimawandel, Treibhauseffekt und Gesundheitsschutz. Im Ergebnis hat sich das Fließbandverfahren als das ökologischste und effektivste Bauverfahren erwiesen [2]. Neben den Auswirkungen auf das Klima ist der Fahrweg Schiene mit dem Fließbandverfahren schneller wieder bereit für grüne Transporte von Gütern und Menschen.

Der Schritt zu kontinuierlichen Arbeitstechnologien bietet auch einen Mehrwert an Qualität. Beim Gleisumbau vom Fließband entsteht ein homogener Gleisabschnitt, prozesssicher nach dem durchgehend gleichen und ebenso kontrollierbaren wie nachvollziehbaren Muster. Während der Arbeit mit dem Fließbandverfahren im Baugleis bleibt der Bahnbetrieb auf Nebengleisen aufrecht, was Schienenersatzverkehre erspart. In einer Publikation zu kapazitätsschonendem Gleisumbau wurde folgende Aussage getroffen: ‚Fahren und Bauen‘ ist keineswegs nur ein Zielkonflikt zwischen Betrieb und Instandhaltung. ‚Fahren und Bauen‘ ist auch eine Kernkompetenz der Bauwirtschaft. Davon können alle Beteiligten profitieren, aber auch Kunden und Anlieger, sogar Gesellschaft und Umwelt [3].



Bild 1: Das Fließbandverfahren direkt am Gleis mit Zugverkehr auf dem Nebengleis

3 Das wertvolle Gut Schotter

Materialien in einer Kreislaufwirtschaft zu nutzen, trägt wesentlich zur Erreichung von Nachhaltigkeitszielen bei. Dies haben Infrastrukturbetreiber erkannt und als klares Ziel definiert. Die ÖBB-Infrastruktur AG beschafft jährlich große Mengen an Rohstoffen und Materialien, wobei Abfallvermeidung und Wiederverwendung angestrebt werden. Mit etwa 700 000 t jährlich macht der Bedarf an Gleisschotter den Hauptanteil aus, der gleisgebunden teilweise wiederaufbereitet werden kann. 2021 erzielte die ÖBB-Infrastruktur AG durch Maschinen zur Schotterbettreinigung einen Rückgewinn von 320 000 t Gleisschotter. Wiederverwertbarkeit und Wiederverwendbarkeit sind dort auch ökologische Zuschlagskriterien bei der Materialbeschaffung [4]. 3 000 bis 5 000 m³ dieses wertvollen Rohstoffes liegen durchschnittlich auf einem Kilometer zweigleisiger Strecke (Bild 2). Der im Gleis bereits vorhandene Schotter bietet großes Potenzial für Wiederverwertbarkeit.

Bei der DB Netz AG wird gleisgebundene Schotterbettreinigung – auch Bettungsaufbereitung genannt – mit einer Rückgewinnungsquote von mindestens 50 % betrieben. Das spart Neuschotter und Transporte, weil gebrauchter Schotter nicht abtransportiert und entsorgt sowie neuer nicht angeliefert werden muss. Ein Beispiel: Die DB Netz AG beziffert die Bestandsschottermenge einer eingleisigen Strecke mit ca. 3,5 t pro Gleismeter. Bei einem Umbauabschnitt von 1 000 m Länge entspricht das 3 500 t Schotter. Können davon mindestens 50 % wiedergewonnen werden, wird die Menge für die Entsorgung und den Ersatz um ca. 1 750 t Schotter reduziert. Dies spart zwei Züge mit jeweils 740 m Länge für die Entsorgung und zwei Züge mit jeweils 740 m Länge für die Anlieferung von Neuschotter. Beim Transport über die Straße sind das in Summe ca. 200 Lkw-Fahrten weniger. Bei einer durchschnittlichen Strecke von 50 km pro Fahrt

entspricht das der Einsparung von 200 km Logistikfahrten per Schiene bzw. 10 000 km per Straße, die bei Einsatz der gleisgebundenen Schotterbetteinigung (Bild 3) anstelle einer vollständigen Bettungserneuerung bei einer Umbaulänge von nur 1 km erreicht werden kann [5]. Zusammengefasst kann also festgestellt werden: Gleisgebundene Schotterbetteinigung bringt hohen Rückgewinn und spart Ressourcen sowie Transportwege.

Wenn es um wertvollen Bettungsschotter geht, sind auch Planierung und Verteilung wichtige Arbeitsgänge in der Gleisstandhaltung. Moderne Systeme wie Plasser BallastMaster oder Plasser BallastExpress sorgen dafür, dass im Gleis vorhandene Schotterressourcen optimal verteilt werden. Über integrierte Kehranlagen und Förderbänder gelangt der Schotter in Silos und kann dadurch zwischengespeichert, transportiert und an einem Abschnitt mit Schottermangel zielgerichtet eingesetzt werden. Dies spart nicht nur Ressourcen, sondern beschleunigt zudem den Arbeitsprozess, weil durch die autarke Material-umverteilung Wartezeiten für zusätzliche Transporte entfallen. Damit erbringen moderne Stopfmaschinen ihre potenzielle Leistung auch unter realen Baustellenbedingungen. Die Gleisgeometrie wird effizient hergestellt, weil bei jeder Schwelle die ausreichende Schottermenge vorgelagert ist und einer nachhaltigen Verfüllung und Verdichtung des Schotters unter dem Gleisrost bei den erforderlichen Hebewerten nichts im Weg steht.



Bild 2: Zweigleisige elektrifizierte Eisenbahnstrecke mit Schotterbett



Bild 3: Abbildung der Maschine für die Bettungsreinigung der Serie Plasser ScreenLiner 3100

4 Der zukunftssichere Antrieb

Die Mehrheit der weltweit im Einsatz befindlichen Geräte und Maschinen im Bahnbau wird noch von Dieselmotoren angetrieben. Während elektrische Antriebe bisher ein Schattendasein führen, rücken zunehmend mehr Vorteile dieser Technologie in den Fokus der Bahnindustrie. Und es sind nicht

ausschließlich strengere Umweltauflagen, die den elektrischen Gleisbaumaschinen zur Akzeptanz bei Experten verhelfen.

Elektrische Antriebe von Schienenfahrzeugen haben bei Lokomotiven und Triebzügen eine lange Tradition. Sie zeichnen sich durch sehr geringe Verluste und damit einen hohen Gesamtwirkungsgrad aus. Darüber hinaus verursachen die elektrischen Antriebe im Vergleich zu Verbrennungsmotoren niedrigere Lärmemissionen und geringere Aufwendungen für Instandhaltungsmaßnahmen.

Im Jahr 2021 wurden bei DB Energie insgesamt 7 445 GWh elektrischer Energie für Traktionsanwendungen (15 kV 16 2/3 Hz und Gleichstrom) verbraucht. Der zugrunde liegende Strommix umfasste laut integriertem Bericht der DB AG bereits einen Anteil von 62,4 % an erneuerbaren Energien, wobei die Konzernplanung 100 % für das Jahr 2038 vorsieht [6].

2021 wurde in einer von der TU Graz in Zusammenarbeit mit Plasser & Theurer durchgeführten FFF-Studie (Fossil Free Future for Track Work Machinery) die Möglichkeit untersucht, die direkten Emissionen bei Gleisbau und Instandhaltung auf null zu reduzieren. Anhand von Daten der ÖBB ergab die Hochrechnung, dass die Arbeit im ÖBB-Netz 9 600 t CO₂e pro Jahr verursacht. Berücksichtigt wurden dabei der Energieverbrauch für den Transport von Maschinen und Materialien sowie die eigentlichen Instandhaltungsarbeiten. Als Teil des Projekts entwickelte die TU Graz das Berechnungsprogramm CalCAS (Calculation of Comparison for Alternative Solutions), das auf Daten unterschiedlicher Gleisbaumaschinen basiert. Die Marktanalyse zeigt, dass die im Bausektor eingesetzten technologischen Konzepte auch für Antriebstechnologien bei Gleisbaumaschinen anwendbar sind. Im Hinblick auf die primäre Energiequelle werden Gleisbaumaschinen stark von Markttrends im Bahnsektor beeinflusst, da die Implementierung alternativer Lösungen von der Infrastruktur für die Energieversorgung abhängt (z.B. Aufladen von Batterien oder Auftanken von Wasserstofftanks). Die CalCAS-Ergebnisse zeigten, dass On-Board-Batterietechnologien die bevorzugte Lösung für Gleisbaumaschinen mit einem Bedarf unter 300 kWh sind. In diesen Bereich fallen beispielsweise Fahrzeuge für die Instandhaltung von Oberleitungen oder allgemeine Oberbauaufgaben. Brennstoffzellen eignen sich dagegen für Anwendungen jenseits der 800 kWh. Der Bereich dazwischen, der auch typische Gleisstopfmaschinen betrifft, bietet ein ideales Szenario für die Nutzung des Stroms aus der Oberleitung [7]. Bild 4 zeigt den Entscheidungsbaum zur Bestimmung der optimalen alternativen Antriebstechnologie unter Berücksichtigung regionaler und technischer Randbedingungen

Die Erkenntnisse der FFF-Studie halfen Plasser & Theurer dabei, alternative Antriebstechnologien für Gleisbaumaschinen zu bewerten und damit verbundene Chancen und Risiken abzuwägen. Schon vor zehn Jahren startete das Unternehmen mit der Entwicklung von hybriden Antriebskonzepten, zunächst für das Kernprodukt Stopfmaschinen. Sehr zeitnah nach den ersten Prototypen erhielt bereits die Firma Krebs Gleisbau eine Universalstopfmaschine für Gleise und Weichen mit hybridem E³-Antrieb (E³-Antrieb: Nutzung von elektrischem Strom als Energiequelle für Arbeitsaggregate und/oder den Fahrtrieb). Die mit diesem Antrieb ausgestattete Maschine Unimat 09-32/4S Dynamic E³ wurde auf der InnoTrans 2016

der Fachwelt vorgestellt.

Die Maschine arbeitet seither erfolgreich, zuverlässig und zu mehr als 90 % der bisherigen Einsatzzeiten elektrisch. Unterm Strich summieren sich allein die von 2016 bis Jahresende 2019 durch Arbeiten im Elektromodus – ohne Überstellfahrten – bereits vermiedenen CO₂-Emissionen auf mehr als 444 t.

Wie blickt das Unternehmen nach eingehender Praxiserprobung auf diese Entscheidung zurück? Schleider und Krebs haben dazu in [8] zusammenfassend festgestellt, dass die Zulassung der Hy-bridmaschine in Deutschland, Österreich und der Schweiz nicht nur für den Betreiber wichtig war, sondern für die gesamte Bahnbauindustrie in den drei Ländern und darüber hinaus wegweisend ist.

Rein elektrischer Arbeitseinsatz und elektrische Überstellfahrten werden zunehmend betrieblicher Alltag. Geringere Betriebskosten sprechen für sich. Daneben steigt die Bedeutung erheblich reduzierter Umweltauswirkungen und besserer Ergonomie. Bild 5 zeigt die hybride E³-Universalstopfmaschine, die seit 2016 bei Krebs Gleisbau zuverlässig zu mehr als 90 % elektrisch arbeitet.

Die zunehmende Sensibilisierung bezüglich Lärm in weiten Kreisen der Bevölkerung macht auch beim Gleisbau keine Ausnahme. Noch dazu, wo die Instandhaltung aus Kapazitätsgründen überwiegend in die Nacht oder die frühen Morgenstunden verlegt wird. Sehr schnell zeigten elektrische Antriebe bei diesem Thema erhebliche Vorteile. Bis zu 20 dBA können beim E³-Antrieb gegenüber dieselbetriebenen Maschinen reduziert werden. Der Unterschied in der Geräuschkulisse ist enorm. Hinzu kommen deutlich geringere Leerlaufdrehzahlen. Inzwischen hat der elektrische Antrieb auch Einzug in Bestandsmaschinen gefunden. Universalstopfmaschinen erhalten ein Öko-Retrofit, indem bestehende diesel-hydraulisch angetriebene Stopfaggregate durch elektrische ersetzt werden. Das neue Arbeitsaggregat kommt mit reduzierten Motordrehzahlen aus, was wiederum Treibstoffbedarf und auch Lärm reduziert.

Die Nutzung von Batteriebetrieb zeigt vor allem in der Instandhaltung von Oberleitungssystemen große Vorteile. Auch in diesem Segment gibt es bereits seit 2017 Erfahrung, nachdem der erste Hybrid-Motorturmwagen HTW 100 E³ bei der Internationalen Ausstellung Fahrweg (iaf) in Münster präsentiert wurde. Die Maschine bewährte sich danach in intensiven Tests und wurde unter anderem im Schweizer Ceneri-Basistunnel für Montagearbeiten eingesetzt [9].

Arbeiten an der Oberleitung sind nun lokal komplett emissionsfrei und leise möglich. Das ist vor allem in Tunnelanlagen bedeutsam. Heute gibt es E³ in Serie: Der erste Plasser CatenaryCrafter 15.4 E³ absolviert derzeit die Zulassungsfahrten im Netz der ÖBB. Die Instandhaltungsflotte der ÖBB wird kontinuierlich durch insgesamt 56 Fahrzeuge ersetzt, bestehend aus drei neuen Fahrzeugtypen mit Hybridantrieb.

Wahlweise erfolgt die Energieversorgung durch Strom aus der Oberleitung, durch Rekuperation während der Fahrt, mittels externer Ladung oder mit Backup durch ein dieselektrisches Powerpack. In üblichen Szenarien fährt ein CatenaryCrafter mit Strom aus der Oberleitung und 120 km/h Überstellgeschwindigkeit zum Einsatzort und wechselt dort auf Versorgung mit Batterie – diese ist für den Betrieb über eine gesamte Schicht dimensioniert. In Bild 6 ist das Antriebsschema eines Plasser CatenaryCrafter 15.4 E³ dargestellt –

die Energieversorgung erfolgt wahlweise mit Strom aus der Oberleitung, vom Batteriespeicher oder durch das dieselektrische Powerpack.

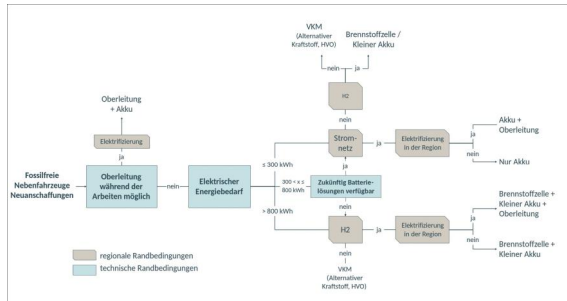


Bild 4: Entscheidungsbaum zur Bestimmung der optimalen alternativen Antriebstechnologie bei Gleisbaumaschinen

Bild 5: Universalstopfmaschine Unimat 09-32/4S Dynamic E³ von Plasser & Theurer

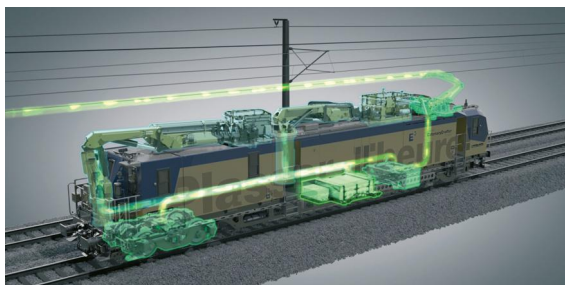


Bild 6: Antriebsschema eines Plasser CatenaryCrafter 15.4 E³ mit wahlweiser Energieversorgung durch Oberleitung, Batterie oder dieselektrisches Powerpack

5 Effiziente Kombination aller Oberbau-Instandhaltungsarbeiten

Der mechanisierte Durcharbeitungszug MDZ ist das Rückgrat moderner Instandhaltung und Trassenführung, die mit Geometriegenauigkeit kleiner 1 mm die Basis für Hochgeschwindigkeitsstrecken bildet. Nivellieren, Heben, Richten, Verdichten, Pflügen, Kehren, Speichern, Stabilisieren sind Arbeitsprozesse, die heute perfektioniert ineinandergreifen. Und genau das ist vor allem auf Hauptstrecken entscheidend, wo jede Minute in der Sperrpause zählt und ein optimales Ergebnis in bestmöglicher Zeit erzielt werden muss.

Unter dem Motto „future track technology – NOW“ präsentierte Plasser & Theurer bei der Internationalen Ausstellung Fahrweg (iaf) 2022 in Münster den Unimat 09-8x4/4S BR-Dynamic E³ (Bild 7). Seither arbeitet dieses Maschinensystem im Netz der ÖBB. Es vereint alle genannten Arbeitsprozesse: elektrisch vom grünen Oberleitungsstrom angetrieben, ergänzt durch ein neuartiges ergonomisches Bedienumfeld. Zwei Bediener arbeiten in der Weiche auf dem kontinuierlich fahrenden Maschinenteil mit höchstem Komfort. Unterstützt werden sie dabei von 24 High-Resolution-Kameras, die ein präzises Bild von jedem Winkel des Arbeitsbereichs vermitteln. Durch elektrische Antriebe an den Drehgestellen und Arbeitsaggregaten konnte der Bedarf an Hydrauliköl um 80 % reduziert werden.

Natürlich mussten auch die elektrischen Stopfaggregate auf Standfestigkeit erprobt werden, um sich für den harten Alltag am Gleis zu bewähren. Auf einem eigens konstruierten Versuchsstand absolvierte ein elektrisches Stopfaggregat über vier Monate hinweg eine Million Stopfzyklen. Das bedeutete etwa 20 000 Stopfungen pro Tag bei einem Betrieb von bis zu 14 Stunden täglich.

Das 8x4-Stopfaggregat bietet die hohe Flexibilität eines 4x4-Stopfaggregats in der Weiche, kombiniert mit dem leistungsfähigem 2-Schwellen-Modus in längeren Abschnitten, z.B. bei Überleitstellen.

In einem einzigen Arbeitsgang vereint der Unimat 09-8x4/4S BR-Dynamic E³ (Bild 8) den vollständigen technologisch richtigen Ablauf bei der Weichen- und Gleisdurcharbeitung. Gegenüber Einzelmaschinen spart dies zusätzliche Antriebseinheiten. Ein operativer Einsatz ist mit nur fünf Personen an Bord möglich. Aufgrund dichter Taktfolge fallen die Sperrpausen immer kürzer aus. Das heißt, dass die zu bearbeitenden Abschnitte ebenfalls zunehmend kürzer angelegt werden, jedoch oft eine Kombination aus Weichen, Überleitstellen sowie Zwischenstücken und Anschlussmetern beinhalten. Infrastrukturbetreiber können mit diesem modular aufgebauten Maschinensystem den vielseitigen Anforderungen mit einer klimafreundlichen Lösung begegnen.



Bild 7: Multifunktionale Stopfmaschine Unimat 09-8x4/4S BR-Dynamic E³ mit Bahnstrom aus der Oberleitung



Bild 8: Unimat 09-8x4/4S BR-Dynamic E³, oben: Stirnansicht, unten: Seitenansicht mit Blick auf den hybriden Antriebsstrang, die Planier- und Profiliereinheit, das 8x4 Stopfaggregat und den

6 Optimierung der Schnittstellen bei der Instandhaltung der Bahninfrastruktur

End-to-End-Anwendungen verbinden die Arbeitsphasen von Gleisbaumaschinen für mehr Effizienz und Transparenz. Stopfmaschinen nehmen autonom die Gleisgeometrie auf, berechnen ihren optimalen Einsatz und erzeugen den zugehörigen Arbeitsnachweis. Im Vorzeigeland in Sachen Klimaschutz Schweden wurde bereits 1991 eine CO₂-Steuer eingeführt, daher ist das Interesse an umweltschonenden Arbeitsmethoden groß.

Im Herbst 2022 wurde im Rahmen der Ersten Europäischen Eisenbahninitiative Shift2Rail demonstriert, wie ein kompletter End-to-End-Prozess bei einer umweltfreundlichen E³-Universalstopfmaschine in der Praxis aussieht – von der Vormessung über die semiautomatische Durcharbeitung bis hin zur Nachmessung und Erstellung des Abnahmeprotokolls. Im Fokus standen die Schotterzustandserkennung und das Fixpunktmesssystem.

Der Einsatz auf acht ausgewählten Streckenabschnitten zeigt das Potenzial, das eine moderne Sensorik für die Weiterentwicklung von Instandhaltungsstrategien bietet. Die „führenden“ Stopfpickel erfassen den Schotterzustand quasi nebenbei während des Stopfvorgangs. Die gelieferten Daten ergänzen und aktualisieren vorhandene Aufzeichnungen und können durch Schotterschürfe verifiziert werden. Das Messsystem für die Gleisgeometrie erlaubt es, das Gleis bei vielfach höherer Geschwindigkeit aufzumessen als bisher, und zwar mit der Stopfmaschine selbst. Dabei bestimmt das Fixpunktmesssystem in Verbindung mit der Inertialmeseinheit (IMU) sowohl die relative als auch die absolute Gleisgeometrie. Diese erhöhte

Genauigkeit kommt speziell bei Hochgeschwindigkeitsstrecken zum Tragen. Ein Stereo-Kamerasystem von Plasser ReferencedTrackGeometry erfasst Fixpunkte während der Fahrt mit 100 km/h (Bild 9) und (Bild 10).

Smart Maintenance ist heute in der Realität am Gleis angekommen. Die Infrastruktur wird mit hoher Geschwindigkeit vermessen, „Punktwolken“ bilden für Building Information Modeling (BIM) einen digitalen Zwilling ab. Speziell ausgerüstete Inspektionsfahrzeuge erledigen in einer Nacht, was mit konventionellen Messmethoden Wochen dauern würde.

Als Präventivmaßnahme muss zum Beispiel jede Weiche eines Infrastrukturnetzes regelmäßig vermessen werden. In Handarbeit mit einer Weichenmesslehre ist dies personal- und zeitintensiv. Erschwerend hinzu kommen der Sicherheitsaspekt und die nachteiligen Auswirkungen auf den Betrieb. Messarbeiten in Weichen blockieren gleich mehrere Gleise. Bei einer kurzen Überfahrt über den Hauptstrang und die Abzweigung erfasst das System alle erforderlichen Parameter. Detaillierte Bilddaten als großer Benefit erleichtern die Auswertung des Zustands von Schlüsselkomponenten wie dem Herzstück, der Zungen oder wichtiger Systembauteile wie Befestigungen, Antriebseinheiten und Kabelführungen.

Mit einem Messfahrzeug, wie dem EM100VT von Plasser & Theurer, wird die Messung in kurzen Zugpausen durchgeführt, ohne Einschränkungen für den Betrieb. Wenn in großen Bahnhofsanlagen viele Weichen gleichzeitig vermessen werden, genügen die Pausen zwischen den Zügen in den betriebsarmen Nachtstunden (Bild 11). So wurden in der Nacht von 8. auf 9. März 2023 in St. Pölten (Österreich) 61 Weichen vermessen. Ein weiterer großer Vorteil: Die Befahrung muss nicht nach einem bestimmten Muster erfolgen. Das System erkennt die Überfahrt und ordnet sie passend der jeweiligen Weiche zu. Die Synchronisation geschieht dabei mittels Masterdaten und GPS. Aus Einsätzen wie in diesem Beispiel lässt sich ein Durchschnittswert von nur vier Minuten pro Weiche ermitteln.

Bild 12 zeigt die Ergebnisse der Messungen mit dem EM100VT im Zuge der präventiven Weicheninspektion.



Bild 9: Stereo-Kamerasystem von Plasser ReferencedTrackGeometry mit Hochgeschwindigkeitskameras und Infrarot-Ringlichtern, das beidseitig am Drehgestell angeordnet ist



Bild 10: Ultrareflektierender Referenzmarker, der an einem Festpunkte der Strecke angebracht ist



Bild 11: Weichenvermessung mit dem Messfahrzeug EM100VT

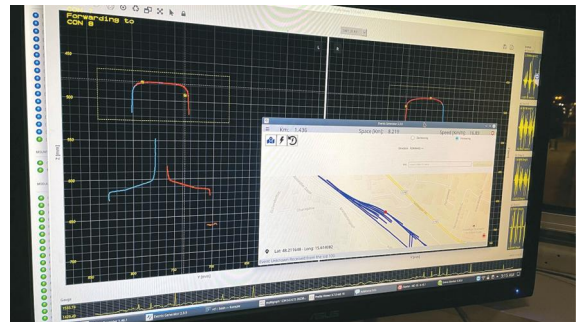


Bild 12: Bildschirm mit den aufgenommenen und verarbeiteten Messdaten (Spurweite, engster Durchgang zwischen Zunge und Backenschiene, Leitweite, Rillenweite und Schienenprofil), die

7 Fazit

Hochverfügbare Trassen sollen mehr Kapazität für die Schiene bringen. Schließlich ist die Bahn der umweltfreundlichste Verkehrsträger und kann dem wachsenden Bedarf am besten gerecht werden. Der Herausforderungen rund um den Klimawandel verlangen neue Herangehensweisen beim Umgang mit den Ressourcen im Gleis sowie bei Bahnbau und Instandhaltung des Fahrwegs.

Mehrere Bausteine tragen zur Verlängerung der Lebensdauer und zum Erreichen einer Kreislaufwirtschaft bei: Gleisgebundene Fließbandverfahren und Systeme zur Schotterbettauflbereitung sind ökologisch im Vorteil, sparen Transportwege und reduzieren den Bedarf an Neumaterial.

Neue Antriebssysteme nutzen vorhandene Fahrstromsysteme und bieten zusätzliche Anreize durch Kostenreduktion und höhere Akzeptanz durch Lärmreduktion. Die Kombination von Arbeitsprozessen und die Optimierung von Schnittstellen durch vernetzte End-to-End-Anwendungen steigert den Output, vor allem bei kurzen Sperrpausen zur Instandhaltung in nächtlichen Betriebspausen.

Literatur

- [1] Jackson, C.: On track to a more sustainable future: Yellow machines go green. Railway Gazette Group White Paper, <https://www.railwaygazette.com/white-papers/on-track-to-a-more-sustainable-future-yellow-machines-go-green/64751.article>, aufgerufen am 20.10.2023.
- [2] Klügel, S.; Lieberenz, K.: Nachhaltigkeit und Ökologie im Eisenbahnbau. ETR 2017 Nr. 5, S. 26–30.
- [3] Hüper, A.-B.; Tesch, H.; Uhlenhut, A.: Kapazitätsschonender Gleisumbau. GRT Global Rail Academy and Media GmbH 2022.
- [4] Nachhaltigkeitsbericht ÖBB-Holding AG 2021.
- [5] Tecklenburg, P.: Gleisgebundene Schotterauflbereitung als nachhaltige Bettungsbearbeitung. EI Juli 2022, S. 43–46.
- [6] Brey, M.; Schnieder, L.: Lösungsansätze für alternative Antriebe von Triebfahrzeugen. EI Februar 2023, S. 6-9.
- [7] Zeiner, M.; Landgraf, M.; Knabl, D.; Antony, B.; Barrera Cárdenas, V.; Koczwar, C.: Assessment and Recommendations for a Fossil Free Future for Track Work Machinery. www.mdpi.com, Sustainability 2021.
- [8] Schleider, K.; Krebs, W.: Hybrid-Stopfmaschine hat sich im Einsatz bewährt und liefert beeindruckende Ergebnisse. ETR 2020 Nr. 12, S. 50–55.
- [9] Rail Infrastructure 2020, Nr. 136, S. 61, 62.