

Systeme für den optimierten Einbau von Feste-Fahrbahn Elementen

Systems for the Optimised Installation of Slab-Track Elements



Systeme für den optimierten Einbau von Feste-Fahrbahn Elementen

Systems for the Optimised Installation of Slab-Track Elements

Dipl.Ing. Hannes Mathis, Dipl.Ing. Dr. Helge Grafinger, Bregenz (Österreich)

Zusammenfassung

Feste Fahrbahn Systeme im Eisenbahnbau bieten den Vorteil, wesentlich wartungsärmer im Vergleich zu Schotterstrecken zu sein. Entwicklungen der letzten Jahre ermöglichen den Einbauprozess in vielen – jedoch nicht allen – Schritten zu automatisieren. Der vorliegende Artikel gibt einleitend einen kurzen Überblick über Feste-Fahrbahnsysteme sowie deren Einbauprozess. In weiterer Folge werden speziell durch die Rhomborg Sersa Rail Group (RSRG) entwickelte und eingesetzte Systeme beschrieben, welche diesen Einbauprozess unterstützen oder sogar automatisieren.

Abstract

Slab track systems in railway construction offer the advantage of requiring significantly lower maintenance compared to ballasted tracks. Developments in recent years made it possible to automate many – but not all – steps of the installation process. This article first provides an overview of ballastless track systems and their installation process. It then goes on to describe systems that support or automate this process.

1 Einleitung

1.1 Überblick Feste-Fahrbahn Systeme

Feste-Fahrbahn-Systeme im Eisenbahnbau werden bekanntermaßen dann verwendet, wenn ein Hauptkriterium der wartungsarme Betrieb ist. Der Bau dieser Systeme ist mit einem erhöhten Aufwand verbunden, welcher jedoch durch Automatisierungen in Teilbereichen reduziert werden kann.

Bevor auf das Potential dafür näher eingegangen wird, seien zunächst Klassifizierungsmerkmale von verschiedenen Feste-Fahrbahn-Systemen genannt, wobei diese für die nachfolgenden Themen nach rein baupraktischen Gesichtspunkten erfolgt.

Einteilung nach System:

- Bei Schwellensystemen werden die Schienen mit Stützpunkten auf Schwellen bzw. Querträgern befestigt, welche entweder auf einer entsprechend steifen Unterkonstruktion aufgelegt oder mittels Beton großflächig vergossen werden.
- Schwellenlose Systeme sind wiederum eingeteilt in
 - Plattensysteme, welche aus vorgefertigten großformatigen Platten mit mehreren integrierten oder montierbaren Stützpunkten bestehen und auf eine Tragschicht aufgelegt oder durch eine eigene Betonschicht mit dieser verbunden werden.

- Monolithische Systeme, bei denen Einzelstützpunkte in Beton vergossen werden.
- Vollflächig eingegossene Schienen kommen bei kontinuierlichen Lagerungen zum Einsatz.

Einteilung nach Bauweise:

- Bei Bottom-Up Systemen werden Tragschicht, Betonschicht und Lagerung von unten nach oben in Abschnitten gebaut, wobei die Genauigkeit mit jedem Schritt erhöht wird, aber die erreichbare Qualität baubedingt trotzdem nicht 100 % sein wird.
- Bei Top-Down Systemen wird der hochpräzise eingerichtete Schienenrost auf Stützpunkten und Schwellen oder

Platten in Beton eingegossen, mit dem Vorteil der wesentlich höheren erreichbaren Qualität.

- Kombinierte Einbaumethoden erfordern zunächst die Herstellung der Tragschicht und der darauf liegender Betonelemente mit reduzierter Genauigkeit (Bottom-Up), worauf anschließend die Schienen auf Einzelstützpunkten exakt eingerichtet und letztere vergossen werden (Top-Down).

Im nachfolgenden Abschnitt wird der Einbau bzw. die damit in Zusammenhang stehenden Maßnahmen näher erläutert, wobei der Fokus auf die am meisten verbreiteten Systeme wie Platten- und monolithische Bauweisen sowie schwellenbasierte Systeme gelegt wird.

1.2 Grundsätzliche Abläufe beim Bau der Festen Fahrbahn

1.2.1 Vermessungstechnische Grundlagen

Für sämtliche Einbauarbeiten werden hochpräzise Referenzpunkte benötigt. Kurz erklärt basieren diese trassennahen Punkte auf einem hochgenauen, mathematisch ausgeglichenen Netz mit einer lokalen Genauigkeit von weniger als 1 mm (Bild 1).

1.2.2 Vorbereitende Bauarbeiten

Die vorbereitenden Bauarbeiten schließen mit dem Bau einer entsprechend tragfähigen Unterkonstruktion wie bspw. einer hydraulisch gebundenen Trag-

schicht (HGT) ab. Meisthin ist die finale Überhöhung im Quergefälle bereits grob nachgeahmt, was den Vorteil eines identen Aufbaus der Festen Fahrbahn mit sich bringt.

1.2.3 Einbau von schwellenbasierten Systemen (mit Schiene)

Der Einbauprozess von schwellenbasierten Systemen gliedert sich in fünf Bau-schritte, wobei die ersten vier jeweils steigenden Anforderungen an die Genauigkeit der Positionierung und somit auch an die benötigte Vermessung stellen.

Im ersten Schritt wird ein Gleisrost bestehend aus Schienen, Schienenstützpunkten und Spurhalter (im besten Falle sind diese in Form einer Schwelle bereits vereint) abgebunden und auf dem Untergrund abgelegt. Die Querabweichung von der Zielposition soll weniger als zwei Zentimeter betragen. Die Gleisbauarbeiter orientieren sich hierbei an Absteckpunkten im Stationsabstand von 10 m.

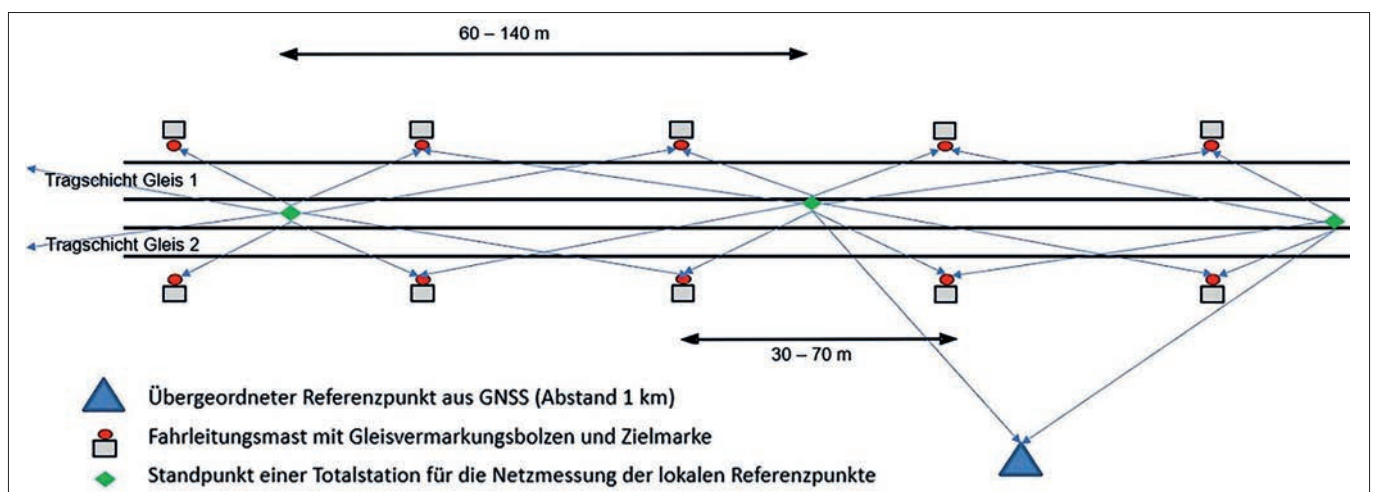
Durch das anschließend stattfindende Grundheben wird der Gleisrost vertikal bis auf zwei Zentimeter unter die finale Schienenoberkante (SOK) gehoben. Da dieser Prozess jeweils punktuell stattfindet, entstehen somit unvermeidliche Spannungen im Gleisrost. Im Zuge des Grundhebens werden in jedem dritten Schwellenfach – was somit einem Abstand von ca. 1,80 m entspricht, die Justier- und Fixiersysteme für den späteren Feinrichtprozess montiert. Neben der Richtfunktion übernehmen diese Systeme auch die Stützfunktion des angehobenen Gleisrostes bis zum Einbau des Betons. Als Basis für das Grobrichten stehen

dem Einbaupersonal tabellarische Abstecklisten, Meterstab, Wasserwaage sowie mechanische Lehren zur Verfügung. Nur erfahrenes und eingetübtes Personal kann mit diesen doch recht rustikalen Methoden die geforderte Genauigkeit erzielen.

Im dritten Schritt, dem Grobrichten, wird der Gleisrost bis auf zwei Millimeter an der Solltrasse ausgerichtet. Hierbei zeigt sich, dass die erzielte Genauigkeit beim Grundheben einen wesentlichen Einfluss auf den Aufwand beim Grobrichten hat. Große Spannungen im Gleisrost und große Verschiebungen führen beim Justieren zu Bewegungen an bereits eingerichteten Stützpunkten, welche dann erneut eingerichtet werden müssen. Der Prozess ist somit hochgradig iterativ und die Anzahl der notwendigen Mess- und Richtdurchgänge somit wesentlich von den vorherigen Prozessen abhängig. Als Messinstrumente kommen Totalstation sowie spezielle Gleismesswagen mit entsprechender Software zum Einsatz. Die Messungen beziehen sich auf das oben beschriebene trassennahe Festpunktfeld.

Als vierten und somit letzten Schritt vor der Betonage wird beim Feinrichten das Gleis exakt auf Soll gerichtet und fixiert, wobei die Abweichungen in Höhe, Querlage und Überhöhung an keiner Stelle 0,5 mm überschreiten. Auch hier gilt, dass die Anzahl der Mess- und Richtdurchgänge direkt von der erzielten Qualität des Grobrichtens abhängt.

Im fünften Schritt, dem Betonieren, wird der Gleisrost mit Beton um- und untergossen und so dauerhaft fixiert. Nach dem vollständigen Aushärten des Betons ist die Feste Fahrbahn für die Befahrung



■ Bild 1: Netzmessung für ein Präzisionsfestpunktfeld

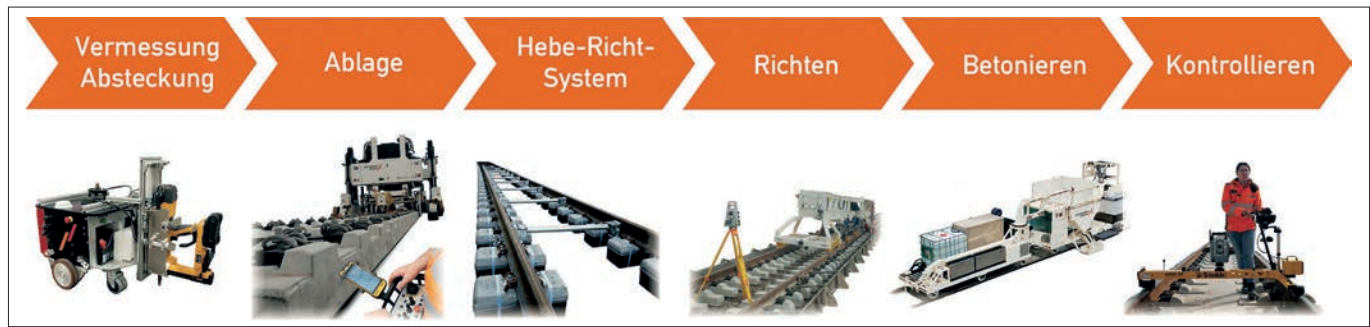


Bild 2: Systemkette für optimierte Einbauprozesse Fester Fahrbahnen

verfügbar, wobei neben ausrüstungstechnischen Installationen auch noch eine messtechnische Schlusssdokumentation durchzuführen ist (siehe auch 3.6).

1.2.4 Einbau von Gleistragplatten (mit und ohne Schiene)

Gleistragplatten werden in der Regel mittels eines Hebeegerätes an der bestimmten Position abgelegt. Die genaue Ausrichtung in Längs- und Querrichtung stellt schon allein wegen des Gewichtes von mehreren Tonnen eine große Herausforderung dar. Als Justierhilfe werden exakt abgesteckte Nägel am Boden verwendet (vgl. Kapitel 3.1), welche sich in definiertem Abstand zu den Eckpunkten der Gleistragplatten befinden. Da die Platten systembedingt nicht direkt auf den Untergrund abgelegt werden, sondern auf temporären Stützkonstruktionen und/oder Spindeln gelagert werden, kommen für die Justierung klassischerweise Senklote und Wasserwaagen zum Einsatz.

Alle weiteren Arbeitsschritte entsprechen im Prinzip dem 5-stufigen Prozess der schwellenbasierten Systeme, jedoch mit zwei grundlegenden Unterschieden:

- Die Platten weisen ein wesentlich höheres Gewicht im Vergleich zu den monolithischen Elementen auf, wodurch die Richtvorgänge und die hierbei eingesetzten Richtsysteme höheren Anforderungen entsprechen müssen.
- Der gesamte Einbauvorgang kann mit oder ohne montierten Schienen erfolgen. Während bei erstem Fall Verfahren und Messinstrumente (Totalstation, Gleismesswagen) prinzipiell identisch zur schwellenbasierten Methode sind, werden beim Einmessen und Richten der einzelnen Gleistragplatten ohne Schienen spezielle Messrahmen mit

exakt definierten Bauteilpunkten verwenden.

Wie der abgebundene Gleisrost werden auch die Gleistragplatten an den vorgesehenen Positionen abgelegt. Hierbei gilt wegen des höheren Gewichtes umso mehr der Grundsatz, je genauer jeder einzelne Richtvorgang vorgenommen wird, desto weniger Aufwand ist bei den nachfolgenden Vorgängen zu leisten.

1.2. Allgemeine Anforderungen der Einbauprozesse

Die Einbauprozesse weisen einerseits eine sequentielle Struktur auf, beinhalten jedoch auch wiederholende Vorgänge in Bezug auf die Annäherung zur geplanten dreidimensionalen Position (Iteratives Verfahren). Dabei handelt es sich um eine Optimierungsaufgabe, welche die eingesetzten Geräte, Methoden und Zeitaufwand jedes einzelnen Vorganges mit dem resultierenden Gesamtaufwand abzuwägen versucht. Die endgültige Präzision der Gleislage ist in jedem Fall einzuhalten.

2 Potential für höhere Effizienz

Höhere Effizienz beim Einbau einer Fester Fahrbahn ist grundlegend auf drei Ebenen erzielbar:

- Frühzeitige Genauigkeit bei der Ablage bzw. Einrichten der Tragelemente
- Automatisierung von Arbeitsschritten
- Unmittelbare Qualitätskontrolle

Da der Richtprozess einem iterativen Verfahren folgt, wirken sich hohe Genauigkeiten in Bezug auf Lage und Höhe bereits in der Anfangsphase positiv auf alle weiteren Richtvorgänge aus. Daher ist eine Optimie-

rung der Faktoren Zeit und Genauigkeit in der Gesamtsicht der Teilprozesse Abbinden und Ablage, Grundheben, Grobrichten und Feinrichten anzustreben.

Die Automatisierung von einzelnen Arbeitsschritten bringt verschiedene Vorteile mit sich. Einerseits ist dies mit einer Reduktion von (weniger verfügbaren) erfahrenem Personal verbunden, andererseits wird die Fehleranfälligkeit bei den ermüdenden manuellen Tätigkeiten reduziert. Dem gegenüber stehen Entwicklungskosten für die Automatisierungsprozesse, welche oftmals auf Grund individueller Situationen projektspezifisch anfallen und somit nur bedingt wiederverwendbar sind. Eine Vereinheitlichung der Rahmenbedingungen von Eisenbahninfrastrukturprojekten würde diesen Kostenfaktor reduzieren, da dadurch automatisierte Prozesse analog einer industriellen Fertigung eher umsetzbar und weitestgehend standardisierbar wären.

Die industrielle Produktion hat als Leitsatz „je früher im Rahmen einer Qualitätskontrolle Mängel erkannt werden, desto geringer die Kosten für deren Beseitigung“. Daher trägt auch dieser Aspekt zu einer wesentlichen Steigerung der Effizienz bei.

Diese drei Grundsatzelemente kann die RSRG mit ihren modularen Systemen komplett abdecken und somit zu Kosten- und Bauzeitersparnis bei gleichzeitig höherer Qualität beitragen. Die Systemkette ist in Bild 2 dargestellt.

3 Systeme für optimierten Einbau

3.1 Automatische Absteckung von Markierpunkten

Für Linienbaustellen werden eine Unmenge von temporären Absteckpunkten für den Bauablauf benötigt – sei es zur

Definition der Position von Gleistragplatten, der Kenntlichmachung der Gleisgeometrie, oder auch nur zur Definition der Schalungskante.

Klassischerweise werden diese Absteckpunkte durch den Vermesser mittels Totalstation, Lotstab und Reflektor eingemessen und durch Farbmarkierung kenntlich gemacht. Für eine längere Lebensdauer werden die Hilfspunkte mit zusätzlich eingeschlagenen Nägeln oder eingeschossenen Bolzen dauerhaft markiert und anschließend zur Kontrolle nochmals tachymetrisch aufgenommen. Dies ist eine ressourcenaufwendige und ermüdende – weil gebückte – Tätigkeit, welche zeitlich so in den Bauablauf eingetaktet werden muss, dass die Messtätigkeit ohne Beeinträchtigung durch den laufenden Baubetrieb durchgeführt werden kann.

Aus diesem Grund wird in der RSRG aktuell ein Roboter entwickelt, welcher den Prozess der vermessungstechnischen Absteckung inklusive der Markierung mittels Nägel sowie die finale Dokumentation automatisiert. Das System ist so einfach, dass für die Anwendung auf der Baustelle eine schlichte Einweisung durch einen Vermessungstechniker ausreicht und diese teure und begrenzte Ressource für wesentlich anspruchsvollere Aufgaben herangezogen werden kann.

Durch die im Vergleich zur konventionellen Methode wesentlich höheren Leistung des Roboters spielt die Anzahl an Absteckpunkten kaum eine Rolle. Eine höhere Dichte an Punkten kann somit erstellt werden, was wiederum eine Erleichterung bei den nachfolgenden Ablageprozessen mit sich bringt und sich wesentlich auf die erzielbare Genauigkeit auswirkt.

3.2 Kameragestützte Verlegung von Gleistragplatten

Wie in Kapitel 1.2.4 beschrieben, ist die Verlegung der schweren Gleistragplatten sehr personalintensiv. Schlimmer noch: das Personal muss sich hierfür im unmittelbaren Gefahrenbereich befinden. Zusammengefasst birgt diese Methode die folgenden Nachteile in sich:

- an jedem Platteneckpunkt wird eine Person als Einweiser und Anschläger benötigt
- die Kommunikation zwischen Einweiser und Bediener des Hebe Gerätes erfolgt durch Zuruf



Bild 3: Kameragestützte Ablage von Gleistragplatten

- die Genauigkeit der Ablageposition beträgt auf Grund dieser Rahmenbedingungen und der Justiermethode bestenfalls ± 5 mm. Höhere Genauigkeiten sind somit im Feinrichtprozess zu erzielen, was sich in einem erhöhten Zeitbedarf niederschlägt.
- Es gibt keine nachvollziehbare Dokumentation der Ablageposition, was die Prognostizierbarkeit der folgenden Arbeitsschritte unmöglich macht.

Aus diesen Gründen wurde in der RSRG im Zuge des Baus der Festen Fahrbahn beim Projekt Koralmtunnel ein kameragestütztes System entwickelt, welches die o. g. Nachteile behebt. Dieses modular aufgebaute System besteht im Wesentlichen aus vier Komponenten:

- Zwei lotrecht montierten Kameras am Hebe gerät (in diesem Falle ein schie-

nen- bzw. raupenmobiler Portalkran) über jeweils zwei Ecken der zu versetzenden Gleistragplatte, deren Positionen so gewählt sind, dass die Kameras unabhängig von Plattentyp und Verschattung jederzeit uneingeschränkter Blick auf die am Untergrund befindlichen Positionsmarkierungen haben (Bild 3).

- Jeweils ein optisch aktives Signal über eben diesen Positionsmarkierungen sowie an den Ecken der abzulegenden Gleistragplatte. Diese Signalmarken sind für eine einfache Manipulation und unkomplizierte Positionierung ausgelegt.
- Eine Auswertesoftware für die Verarbeitung der Bildinformationen beider Kameras für die Nutzbarmachung durch den Bediener.
- Visuelle Anzeige am Steuergerät des Portalkranes.



Bild 4: Steuerungsdiskontroll mit Anzeige der Verschiebewerte der kameragestützten Plattenablage



Bild 5: Justier- und Fixiersystem RS RhoFAS

Jede der vier aktiven Signalmarken weisen für die Bildauswertung eindeutig unterscheidbare Muster auf, sodass die Prozessierungssoftware aus den Kamerabilddern die jeweilige Position sowohl der Gleistragplatte als auch der Positionsmarkierungen fehlerfrei erkennen und koordinativ zuordnen kann.

Aus den so erkannten Eckpunkten werden die jeweiligen Koordinatendifferenzen zwischen der durch die Positionsmarkierungen indirekt definierten Soll-Position und der mittels Signalmarker definierter Ist-Position berechnet und in weiterer Folge mittels Vektorgraphik am Display des Gerätebedieners angezeigt (Bild 4). Die Feinpositionierung erfolgt aktuell noch durch den Bediener, soll zukünftig jedoch direkt von der Maschinensteuerung des Verlegegerätes umgesetzt werden. Die final erreichte Position der abgelegten Gleistragplatte wird anschließend gespeichert und liegt somit als Grundlage für das spätere Feinrichten vor.

Neben einer Reduktion von Personal im direkten Gefährdungsbereich des Kranes (schwebende Lasten) trägt die Justierhilfe zu einer höheren Genauigkeit bereits beim Ablegen der Gleistragplat-

ten bei, was sich wiederum in reduzierten Aufwendungen beim Feinrichtprozess niederschlägt. Eine Prognostizierbarkeit des Feinrichtaufwandes ist damit auch erstmals möglich, was die Ressourcen-disposition flexibilisiert.

3.3 Mechanisches Justier- und Fixiersystem für Gleisroste

Schon seit über 20 Jahren entwickelt die RSRG systemspezifische Gleisjustier- und Fixiersysteme für Feste Fahrbahnen. Waren es zu Beginn noch relativ einfach gehaltene Hebe-Richtsysteme, die dem Prinzip der schiefen Ebene mit hochpräzisen Justiermöglichkeiten in der Vertikalen folgten, so sind aktuelle Systeme in der Lage, neben der Höhe auch die korrekte seitliche Lage sowie – falls systembedingt erforderlich – auch Spurweite und Schienenneigung zu definieren.

Getreu dem Motto: „so flexibel wie notwendig, so vorkonfektioniert wie möglich“ werden alle Systeme vor der Auslieferung entsprechend den Erfordernissen des jeweiligen Projektes hinsichtlich Spurweite und Schienenneigung (beides fix) ausgestattet und eingestellt, um die Fehleran-

fälligkeit auf der Baustelle von vornherein zu minimieren (Bild 5).

Ein Grundprinzip aller Systeme ist die Tatsache, dass die Justier- und Fixiersysteme unter dem Schienenfuß bzw. seitlich an der Schiene greifen. Der eigentliche Schienenkopf bleibt somit komplett frei und für eine Befahrung mit schienen-gebundenen Gleismesstrolcheys, aber auch mit Achslasten in der Größenordnung von 2 Tonnen befahrbar.

Dieses Alleinstellungsmerkmal erlaubt es, den im Bau befindlichen und bereits feingerichteten Gleisrost für Transport- und Betonlogistikaufgaben zu nutzen und somit auf einen zweiten Logistikweg zu verzichten. Allfällig negative Auswirkungen auf die finale Gleislagequalität können bei ordnungsgemäßer Ausführung ausgeschlossen werden (Bild 6).

Die Familie der Justier- und Fixiersysteme ist modular aufgebaut und setzt sich aus den folgenden Typen zusammen (Bild 7):

- Gleisvorrichtsystem RS RhoPPS für schwellenlose Systeme
- Feinrichtsystem RS RhoLIGHT für schwellenbasierte Systeme
- Feinrichtsystem RS RhoFAS für beliebige Systeme (außer Platten)
- Feinrichtsystem RS RhoWEDGE für Spezialanwendungen mit beschränkten Einbaumaßen sowie Weichen
- Weichenrichtsystem RS RhoSAS
- Gleis- und Weichenrichtgerät RS RhoPAS
- Gleisrichtautomat RS RhoMAT

Das Richten des Gleises verlangt neben entsprechend professioneller Ausrüstung auch Fachkompetenz und langjährige Erfahrung auf Seiten der Baustellenmannschaft sowie der Vermessungstechnik. In Zeiten mit erhöhtem Fachkräftemangel wurde es damit notwendig, diesbezüglich weitere Schritte einzuleiten und den bisher komplett manuellen Justier- und Fixierprozess zu teil-automatisieren, was in dem Richtroboter RS RhoMAT sowie in ersten Versuchen zur Automatisierung von Gleistragplatten-Verlege-Einheiten gipfelt.

3.4 Schienengebundener Richtroboter RS RhoMAT

Der Gleisbau ist zwar manuell sehr arbeitsintensiv und körperlich anstrengend, würde also von einer Automatisierung be-

sonders profitieren, aber die einzelnen Arbeitsschritte sind zahlreich, unterschiedlich, mechanisch komplex und materialintensiv – und somit für eine Automatisierung aktuell nur bedingt geeignet. Am Beispiel des Systems Rheda 2000® beginnt es mit dem Auslegen von 200 kg schweren Zweiblockschwellen und dem Einheben von 120 m langen Schienen. Anschließend erfolgt das Verschrauben der Schienenbefestigung sowie das Einfädeln und Binden der Längs- und Querbewehrung. Mit dem Einbau der Justier- und Fixiersysteme ist der Gleisrost bereit für den eigentlichen Richtprozess. Um all diese Abläufe vollständig zu automatisieren, würde eine Vielzahl von Maschinen benötigt, was beim Bau des Systems RS RhoMAT nicht angestrebt wurde. Die Automatisierungsidee richtete sich auf das Grundheben und Grobrichten des vorabgebundenen Gleisrostes. Diese beiden wesentlichen Prozessschritte für ein qualitativ hochwertiges Endprodukt wurden – in Anlehnung an das Arbeitsprinzip von im Schottergleisbau üblichen Großmaschinen – miteinander kombiniert und durchgeführt, und in einer Mechanik – nicht unähnlich einer Gleisstopfmaschine – realisiert. Das entwickelte System verwendet die vorhandene und im Gleisbau erprobte Messtechnik mit Totalstation und Gleismesswagen, wobei letzterer mit der Gleisrichtmaschine gekoppelt ist (Bild 8). Die damit ermittelten Hebe- und Verschiebewerte werden dem Bediener nicht nur angezeigt, sondern dienen auch der Steuerung für das Bewegen des Gleisrostes und dessen millimetergenaue Positionierung. Damit sind Grundheben und Grobrichten in einem kontinuierlichen und qualitätsgesicherten Prozessschritt zusammengefasst. Hierbei wird die annähernd finale Gleislage bereits frühzeitig hergestellt, der Prozess des Messens und Richtens ist weitestgehend automatisiert und es erfolgt auch unmittelbar am Ende jedes Einzelrichtvorganges eine messtechnische Kontrolle. Auch wenn das Grundprinzip dem einer kontinuierlich arbeitenden Stopfmaschine entspricht, so hat das Richten einer Festen Fahrbahn doch wesentlich verschärfte Grundbedingungen. Da wäre zum einen der wesentlich größere Hub des Gleisrostes zu erwähnen, welcher bis zu annähernd 200 mm betragen kann (vgl. max. 60 mm lt. DB-Ril für



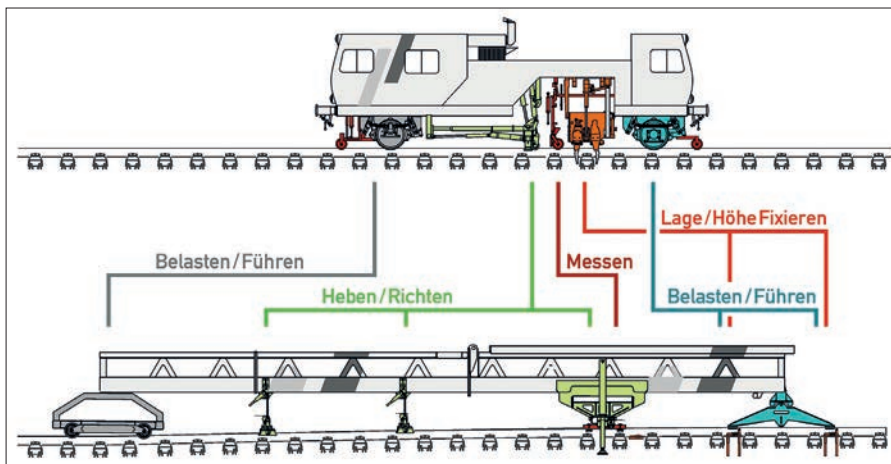
Bild 6: Betonfertiger auf RS RhoFAS fixierten Schienen

System	Gleise	Gleise und Weichen Universal	Weichen	Genauigkeit
Vorrichtsystem RS RhoPPS				
Feinrichtsystem RS RhoLIGHT				
Feinrichtsystem RS RhoFAS				
Feinrichtsystem RS RhoWEDGE ₂₅				
Feinrichtsystem RS RhoWEDGE ₄₀				
Feinrichtsystem RS RhoSAS				
Richtgerät RS RhoPAS				
Richtgerät RS RhoMAT				

Bild 7: Übersicht Gleisrichtsysteme



■ Bild 8: Gleismesswagen mit Prisma unter RS RhoMAT



■ Bild 9: Vergleich Funktionsprinzip herkömmliche Stopfmaschine (oben) mit RS RhoMAT (unten)

Schottergleis). Diese Tatsache bestimmt auch im Wesentlichen die Länge des Systems, sind doch über die knapp 14 m die durch den Hub verursachten Schienenspannungen abzubauen.

Abgestützt wird das Gesamtsystem über ein Drehgestell, welches auf dem noch auf dem Untergrund aufliegenden Gleisrost fährt, während sich der hintere Teil der Maschine bereits auf dem fertig grobgerichteten und mittels des Justier- und Fixiersystems unterstützten und fixierten Gleisrost bewegt und diesen somit zusätzlich stabilisiert (Bild 9).

Der massive Hauptrahmen mit den zwei Paaren an abgehängten Rollenzangen übernimmt hierbei die Funktion des Grundhebens. Diese heben den Gleisrost über 14 m gleichmäßig auf die geforderte Zielhöhe und sorgen für eine flache, fast

spannungsfreie Biegelinie, was wiederum den eigentlichen Richtprozess durch den Hebe- und Richtrahmenautomaten erleichtert.

Der Hebe- und Richtrahmenautomat (HuRRA) ist das eigentliche Zentralelement des Systems RS RhoMAT. Hierbei handelt es sich um eine in sich abgeschlossene Einheit, welche am Hauptrahmen längsbeweglich montiert ist und die Funktion des Grobrichtens übernimmt.

Zu diesem Zweck umfasst der HuRRA die beiden Fahrschienen formschlüssig mittels den beiden Spezialgreifern. Nach einer Nullmessung mit anschließender Ermittlung der notwendigen Verschiebewerte (Lage, Höhe, Querneigung bzw. Überhöhung) durch die Auswertesoftware des Messsystems werden diese an den HuRRA übermittelt und umgesetzt. Der Gleisrost

wird somit gerichtet und anschließend die erzielte Position ermittelt.

Auf Grund der großen zu bewegendenden Massen erfolgt dieser Schritt iterativ, wobei in der Regel ein bis zwei Iterationen Messen – Verschieben – Messen erforderlich sind, um eine absolute Genauigkeit von unter 2 mm zu erzielen. Letzte Verschiebungen werden mittels der eingebauten Justier- und Fixiersysteme bewerkstelligt.

Aus Gründen der erzielbaren Genauigkeit wird die über 8 Festpunkte frei stationierte Totalstation max. 50 m vor dem RS RhoMAT positioniert. Diese Totalstation steht in ständigem Kontakt mit dem unmittelbar vor den Spezialgreifern auf dem Gleis rollenden Messrahmen. Dieser ist lose an die Maschine gekoppelt und somit frei von allfällig auftretenden Maschinenkräften, welche zu einer Verfälschung der Messergebnisse führen könnten.

Der Messrahmen beinhaltet ein Vermessungsprisma für die Ermittlung der relativen Position sowie ein Inklinometer für die Bestimmung der Querneigung (Überhöhung). Aus diesen vier Parametern wird die absolute Position der Schienen an der Messstelle berechnet. Durch Transformation auf die Solltrasse werden die Verschiebewerte berechnet.

Die an den Hebe- und Richtrahmenautomat final übermittelten Verschiebewerte basieren neben den rein rechnerisch ermittelten Zahlen auch noch auf kleinen Abänderungen bedingt durch die protokollierten Erfahrungswerte der vorangegangenen Richtvorgänge. Dies ist speziell im Bogenbereich hilfreich, wo sich horizontal durchgeführte Verschiebungen auf Grund von Bogenkräften teilweise egalisieren.

Auf dem Bedienpanel werden die so ermittelten Werte angezeigt und nach Prüfung durch den Bediener bestätigt und an die Maschine zur Ausführung übermittelt. Sollte nach dem so erfolgten Richtvorgang ein weiterer Mess-Richtvorgang nötig sein, kann dieser unmittelbar ausgelöst werden, was nur wenige Sekunden dauert und somit kaum Einfluss auf die erzielbare Leistung hat. Nach Erreichen der geforderten Genauigkeit wird die Ist-Position protokolliert und ausgewertet. Dies wiederum dient als Grundlage für die Prognostizierbarkeit des Aufwandes des nachfolgenden Feinrichtprozesses. Das Gesamtsystem bewegt sich ohne externe Hilfsmittel – ähnlich einer Schmet-

terlingsraupe mit zyklischen Bewegungen – fort. Da sich der Hauptrahmen nur im vorderen Bereich auf Schienenrollen abstützt, im hinteren Bereich jedoch auf festen Abstützungen direkt auf der Schiene, kann die Maschine nicht entrollen oder sich anderweitig ohne Zutun durch den Bediener bewegen.

In der Praxis bewährt hat sich die Bedienung durch einen Vermessungstechniker sowie eine eingewiesene Hilfskraft. Der im Umgang mit teurer Gerätschaft sowie in der Handhabung von Bedienpanels erfahrene Vermessungstechniker übernimmt dabei nicht nur den Part des Maschinenbedieners, sondern sorgt auch gleichzeitig für die richtige Positionierung der Vermessungsgerätschaft sowie für die Interpretation der Ergebnisse, während die Hilfskraft entsprechende Vorarbeiten sowie den Einbau der Justier- und Fixiersysteme innehat.

Körperlich schwere Arbeiten werden durch den Einsatz des RS RhoMAT wesentlich reduziert und der Bedarf an erfahrenen Mitarbeitern sinkt von mindestens acht auf ein bis zwei bei gleichzeitig reduzierten Vermessungstechnikern.

Das System ist dahingehend optimiert, dass der Gleisrost mit maximal zwei Millimeter Abweichung in der Lage sowie einem Millimeter unter der Soll-Höhe positioniert wird und optimal für den abschließenden Feinrichtprozess ist. Für Fahrbahnen mit geringeren Geschwindigkeiten – wie etwa Straßenbahnen – kann das System RS RhoMAT somit sogar den Feinrichtprozess ersetzen. Schichtleistungen von 200 m sind typisch, 300 m sind von geübtem Personal gut erreichbar, wobei sämtliche nachfolgenden Prozesse wie bspw. der Betoneinbau dieser Leistung folgen können muss, um wirklich Sinn zu machen.

Das acht Tonnen schwere Gerät kann – ähnliche einem Schweizer Taschenmesser – zusammengeklappt werden und ist mittels Standard-Pritschen-LKW einfach an jede Einsatzstelle zu transportieren (Bild 10). Durch den Tausch einzelner Komponenten lässt es sich an spezifische Einsatzbedingungen mit abweichenden Spurweiten, unterschiedliche Schientypen sowie besonders schmale Abstützbreiten für enge Tunnelbereiche anpassen.

Eine Publikation des Systems erfolgte in [1].



■ Bild 10: so einfach wie ein Schweizer Messer ist der Aufbau der 8 to schweren Maschine



■ Bild 11: Mechanische Sehne gekoppelt mit Betonfertiger

3.5 Betonfertiger und Echtzeit-Qualitätskontrolle

Die Sinnhaftigkeit einer Echtzeitkontrolle unmittelbar im Zuge des Betonierprozesses wurde bereits oben erläutert. Schon beim Bau der Festen Fahrbahn beim Projekt Lötschbergbasistunnel in den 90er Jahren des vorigen Jahrhunderts integrierte die RSRG ein kinematisches Messsystem, welches unmittelbar mit dem Betonfertiger gekoppelt war (Bild 11). Dieses System basierte auf einer mechanischen Sehne mit Pfeilhöhensensoren auf Laser-Triangulationsbasis und misst somit die innere horizontale und vertikale Geometrie

Beim Projekt NBS Wendlingen-Ulm (2019-2021) wurde dieses bewährte System ersetzt durch einen wesentlich kompakteren Gleismesswagen, welcher mit einer hochpräzisen IMU ausgestattet ist (Bild 12) und die gleichen Ergebnissdaten liefert. Der Einsatz des Systems wurde bereits in [2] publiziert. Wesentliche Vorteile dieser Art der Qualitätskontrolle sind:

- Das Messsystem ist permanent mit dem Betonfertiger gekoppelt und kann somit direkt durch dessen Bedienmannschaft überwacht werden
- Horizontale und vertikale Abweichungen von der geplanten inneren



Bild 12: Gleismesswagen gekoppelt mit Betonfertiger

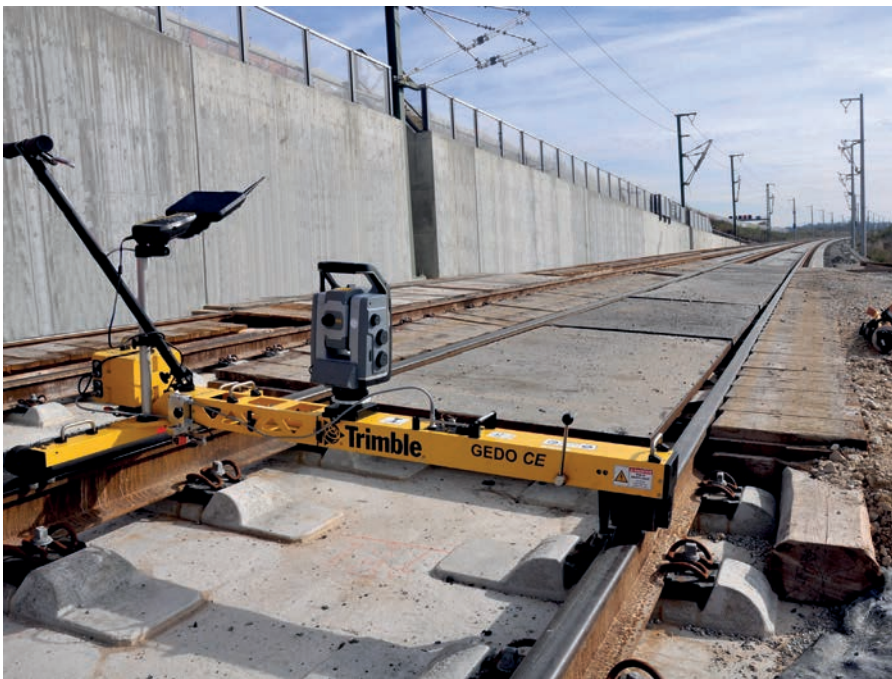


Bild 13: Kinematische Messausrüstung mit IMU und Totalstation

Geometrie sowie Abweichungen in Spur und Überhöhung sind in Echtzeit permanent am Display des Steuerrechners des Messwagens sichtbar – zur Einfacheren Lesbarkeit als kontinuierliche Ganglinie

- Selbstverständlich erfolgt eine Datenübertragung in das lokale Firmennetzwerk. Entscheidungsträger haben somit jederzeit Zugriff auf die aktuellen Daten und können gegebenenfalls auf etwaige Abweichungen reagieren.

Das RSRG intern als GEDO IMU bekannte System wird standardmäßig auf Feste Fahrbahn Projekten mit Beteiligung einer Rhomberg-Sersa Unternehmung eingesetzt.

3.6 Schlussdokumentation der Gleisgeometrie mit Hilfe GEDO ARI

Durch die RSRG wurde bereits 2021 in Zusammenarbeit mit Trimble® Rail eine Methode umgesetzt, bei der mittels Totalsta-

tion und IMU – beides montiert auf einem Gleismesswagen (Bild 13) – die Schlussdokumentation der äußeren und inneren Geometrie einer Feste Fahrbahn vor Betriebsübergabe in einer äußerst effizienten Art umgesetzt wird [2]. 2023 wurde die Genauigkeit dieser Methode – RSRG interne Bezeichnung GEDO ARI (automatic resection & IMU) – einem umfangreichen Vergleichsverfahren verifiziert [3]. 800 m Strecke können damit in 1 ½ Stunden gemessen werden, die erzielbare Genauigkeiten betragen unter ± 1 mm für Lage und Höhe sowie unter $\pm 0,5$ mm für Spurweite und Überhöhung. Ebenso werden automatisch die Positionen der Schienenbefestigungen mit einer Genauigkeit von ± 3 cm erfasst.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Der Einbau von Feste Fahrbahn Systemen erfolgt schrittweise und stellt Möglichkeiten für die Optimierung des Gesamtprozesses zur Verfügung. Diese Optimierungsmöglichkeiten sind das frühzeitige Herstellen von hohen Genauigkeiten der Tragelemente, die Automatisierung von Arbeitsschritten sowie eine unmittelbare Qualitätskontrolle. Diese Möglichkeiten bedürfen moderner Messmethoden, mechanischer Komponenten sowie automatisierter Gleisbaumaschinen. Derartige Lösungen wurden im Bereich der Rhomberg Sersa Rail Group entwickelt und haben bereits ihr Potential bezüglich Steigerung der Effizienz und Zuverlässigkeit unter Beweis gestellt.

Das ständige Beobachten von neuen Möglichkeiten und vorhandenem Bedarf wird auch in Zukunft derartige Optimierungsprozesse am Laufen halten. Da die Kosten von Entwicklungen in den meisten Fällen nicht durch eine einmalige Anwendung amortisiert werden können, ist die Standardisierung insbesondere bei Neubau-Projekten eine Grundvoraussetzung, welche die gesamten Baumaßnahmen mehr in Richtung industrialisierter Fertigung bringen könnten. Dadurch würden auch weitere kleinere Automatisierungen durch häufigere Nutzung im Endeffekt zu einer gesamthaften Effizienzsteigerung führen.

#1048_A2

(Bildnachweis: 1 bis 13, Rhomberg Sersa Rail Group (RSRG))

Literatur

- [1] *Völter, U.; Pils, R.; Mathis, H.*: Der Gleisbauroboter für die Feste Fahrbahn, Eisenbahningenieur 2023/11.
- [2] *Grafinger, H.; Riedel, L.; Döring, U.*: QM mit moderner Messtechnik beim Bau einer Feste Fahrbahn, Eisenbahningenieur 2022/2.
- [3] *Grafinger, H.; Riedel, L.; Scheungrab, J.*: Genauigkeit einer kinematischen Abnahmemessung für Feste Fahrbahnen, ZEVrail 2024/10.



Dipl.Ing. Hannes Mathis (44). Studium Bauingenieurwesen an der Technischen Universität Graz bis 2006. Bauleiter Gleisbau bei der australischen Niederlassung Rhomberg Rail Australia Pty. Ltd. bis 2011, Bau- und Projektleiter Gleisbau bei der Rhomberg Bahntechnik GmbH bis 2018. Seit 2019 Projektleiter Forschung und Entwicklung im Bereich Maschinentechnik der Rhomberg Sersa Bahntechnik GmbH.

Anschrift: Rhomberg Sersa Bahntechnik GmbH, Mariahilfstraße 29, 6900 Bregenz, Österreich.
E-Mail: hannes.mathis@rsrg.com



Dipl.Ing.Dr. Helge Grafinger (64). Studium Geodäsie an der Technischen Universität Graz bis 1987, Tunnelvermessung und 3D-Monitoring bei AVD (Dornbirn) bis 1993, Doktoratsstudium an der Universität für Bodenkultur Wien bis 1995, Stabsstelle Ingenieurgeodäsie bei ILF Innsbruck bis 1999, Technischer Leiter DIBIT Messtechnik bis 2003, Selbständiger Konsulent, seit 2009 in der Rhomberg Gruppe bzw. ab 2012 Rhomberg Sersa Rail Group, Segment Koordinator Geomatik Technologien.

Anschrift: Rhomberg Sersa Rail Group, Segment Koordinator Geomatik Technologien, Mariahilfstraße 29, 6900 Bregenz, Österreich.
E-Mail: helge.grafinger@rsrg.com

Digitale
Sonderdrucke
Ihres
Fachbeitrages

Einzelne Beiträge können als
Sonderdruck Print oder PDF
bestellt werden.

Sprechen Sie uns an!

So könnte Ihr
Sonderdruck aussehen:



Geor Siemens Verlag GmbH & Co. KG
Bothstraße 11, 12207 Berlin

Telefon +4930 76990413
Fax +4930 76990418

mail@zevrail.de
www.zevrail.de

Effizientes
Marketing im
exklusiven
Design