

# Digitaler Schotter

Auch im Bahnbau greift die Digitalisierung. Was mit der internetbasierten Zukunft dreidimensional-virtuell daherkommt, zeigt ein Messwagen von Plasser & Theurer.

TEXT: ACHIM UHLENHUT FOTOS: PLASSER & THEURER

**B**ig Data, Digital Twin, Mobile Mapping, Virtual Track, Building Information Modeling, Internet of Things – die Bahnbauwelt ist in einem rasanten Umbruch. Internetbasierte, voll-digitale Techniken und Methoden halten Einzug. Allerdings – Fahrwegebau und Gleisdurcharbeitung als endloser Strom von »Null« und »Eins«, das klingt in der eher robusten Welt von Stopfpickel und Schotterpflug, von großen Maßen und Massen erst einmal ziemlich unvereinbar. Genau das Gegenteil ist der Fall. An der Strecke und im Bahnhof freilich ist davon fast gar nichts zu sehen, ebenso wenig an der großen gelben Bahnbaumaschine. Und die Bits und Bytes können noch so prasseln, es wird keinen Schotterstein erschüttern. Es zeichnet sich dennoch schon jetzt eine enorme Durchschlagskraft der Digitalisierung ab. So wie mannschaftsgröße Bautrupps, Rammbaum und Kreuzhacke Vergangenheit sind, so wird es auch die bisherige Maschinenteknik in absehbarer Zeit sein. Doch wie bewegt das Internet den Schotter?

Wenn »Null« und »Eins« die Macht haben, die Welt allüberall zu verändern, dann gilt das natürlich auch für Bahnbau und -betrieb. Fahrzeugortung und Betriebsleittechnik, Instandhaltungsplanung und Betriebshofmanagement, Ticketing und Fahrgastinformation – hier überall spielen Digitalisierung und Internet inzwischen mit, für Kunden und Mitarbeiter erkennbar. Im Bahnbau ist Rundumdigitalisierung eine noch recht junge Disziplin. Elektronik und Datenströme können eben weder schweißen noch schleifen, weder schottern noch stopfen. Aber sie können diese Vorgänge besser, schneller, effizienter, sicherer und nachhaltiger machen. Und genau darum geht es: Eine Neudefinition von Verfahren und Prozessen durch Digitalisierung. Auch an Exponaten der InnoTrans 2018 wurde dies erkennbar.

## Ein Bote aus der Zukunft

So hatte Plasser & Theurer auf dem Freigelände einen nur auf den ersten Blick unscheinbaren Messwagen EM100VT platziert. Typisch im Aussehen, vertraut – und doch ganz anders. Was da

stand, das war kein »normaler« Gleismesswagen, das war ein mit Elektronik und Digitaltechnik versehenes Forschungslabor. Der EM100VT ist Zukunft. Die letzten zwei Buchstaben stehen für »Virtual Track«, das virtuelle Gleis. In Berlin stand ein Fahrzeug, das es so zuvor nie gab: In flotter Fahrt mit bis zu 100 Stundenkilometern (!) scannt es Gleis und näheres Umfeld, erzeugt digitale, dreidimensionale Bilder zusammen mit Positionsdaten, überwacht die Gleislage und kann all dies aufbereitet beispielsweise an eine Stopfmaschine weitergeben. »Digitaler Zwilling trifft absolute Gleisgeometrie«, machte der Hersteller auf die neuen Möglichkeiten neugierig. Der EM100VT unterstützt und treibt »Smart Maintenance« voran, die intelligente Instandhaltung. Der Schotter wird digital.

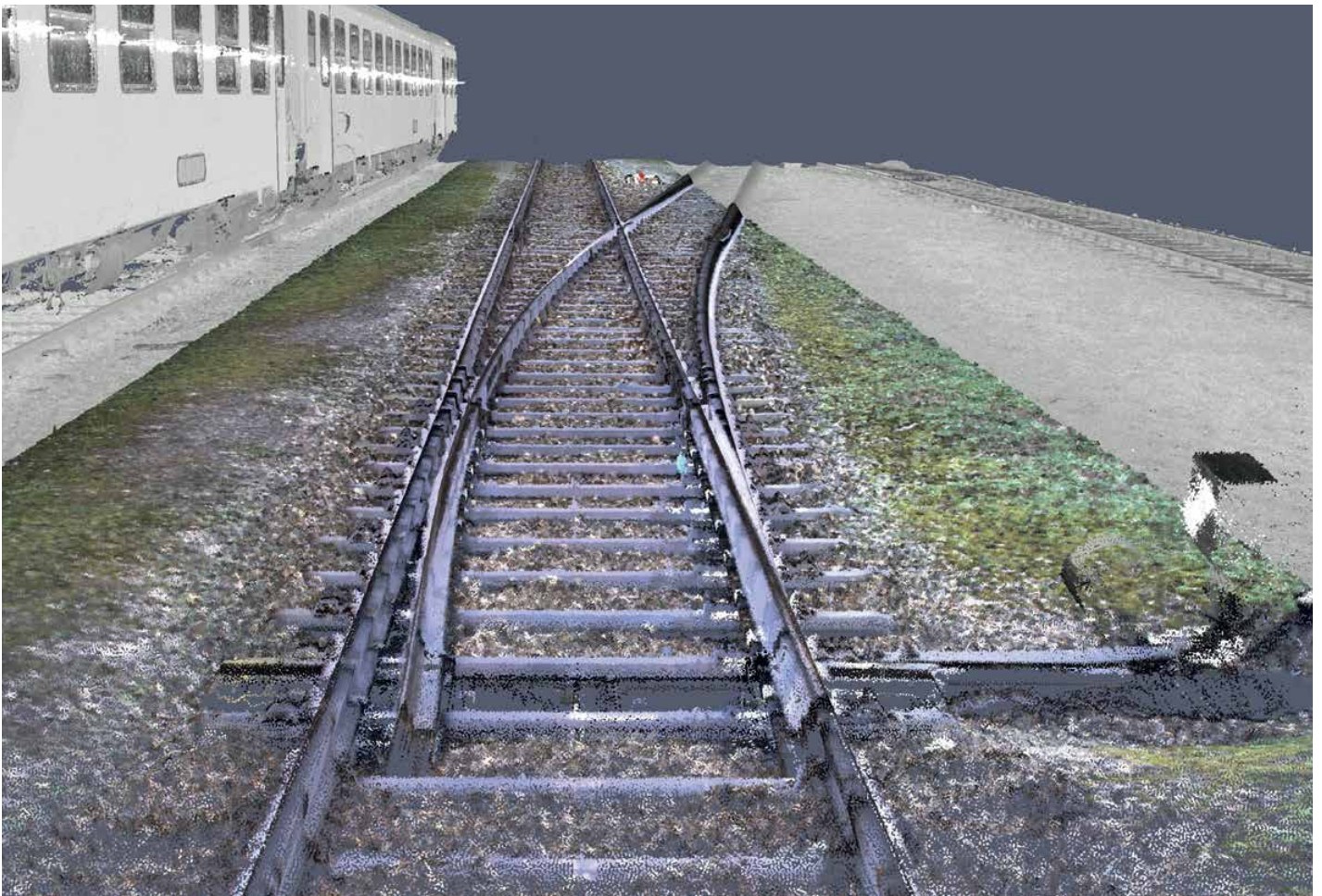
## BIM und Digital Twin

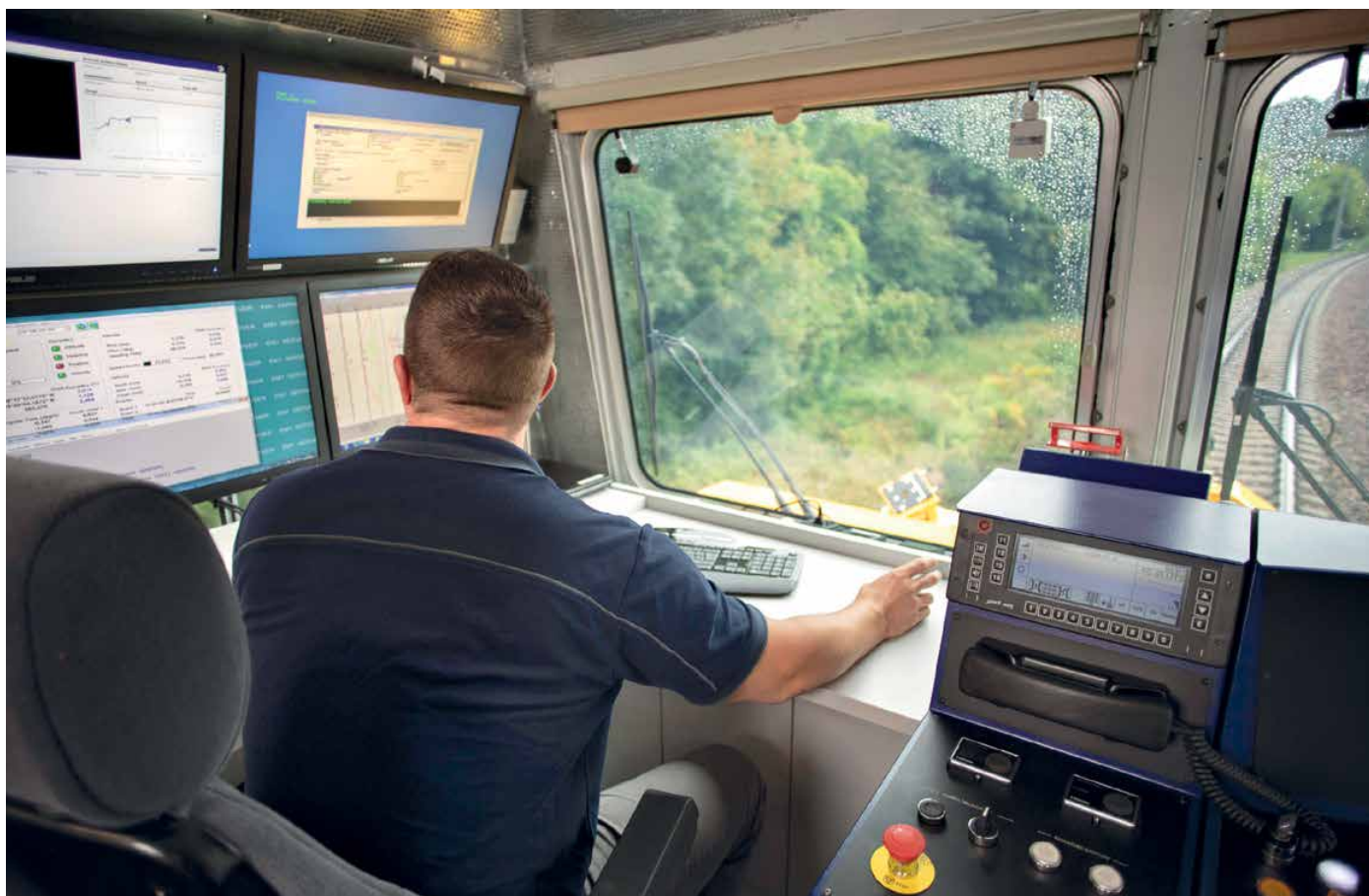
Es geht hier um eine Form des »Building Information Modeling« (BIM), das derzeit die gesamte Baubranche bewegt. Mit dieser Bauwerksdatenmodellierung werden Arbeiten am Bau erheblich vereinfacht, da zu einem Vorhaben ein vielfältiges Datenmodell erstellt wird. Es bietet allen Beteiligten dieselbe, stets aktuelle Ausgangsbasis für ihre Entwürfe und Berechnungen. BIM ist dabei mehr als nur ein Verfahren, es ist ein umfassender Ansatz. Alle Aspekte von Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung werden zusammengefasst. Arbeitsergebnis ist – unter anderem – ein dreidimensionales, feinmaschiges Netzmodell des Bauwerks samt Beschreibung und Dokumentation aller Einflussfaktoren. Das sind bei einer Bahnstrecke Zugart und Fahrtenhäufigkeit, Beanspruchung von Gleisen und Oberleitung, sogar Winterdienst und Vegetationskontrolle.

Beim Neubau beginnt BIM bei Entwurf und digitaler Zeichnung. Für die Instandhaltung vorhandener Bauten und Anlagen müssen hingegen Ist- und Soll-Zustand aufgenommen werden. Der »Digital Twin« ist dabei nichts anderes als das virtuelle Abbild der Wirklichkeit im Computersystem, selbstverständlich dreidimensional und sehr exakt erstellt. Im Bahnbau ist er also

Rechte Seite oben: Der EM100VT des Herstellers Plasser & Theurer ist nicht nur ein Messwagen, er ist auch ein rollendes Zukunftslabor.

Rechte Seite unten: Digitale Punktwolke nach der Aufnahme mit Laserscannern, im Gleisbereich kombiniert mit Farbdigitalbildern.





Der EM100VT steckt voller Digitaltechnik, erkennbar auch an den vielen Monitoren und Displays.

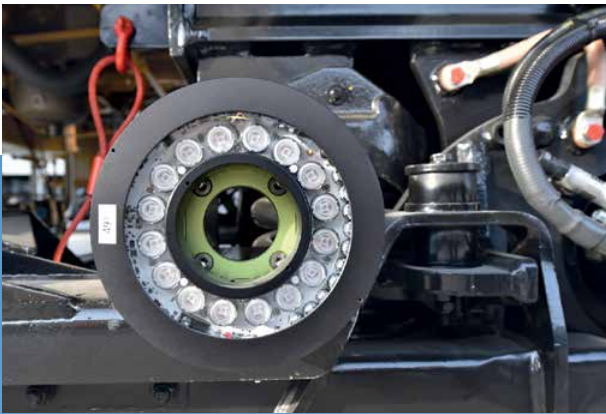
eine Abbildung der linienförmigen Realität für alle Anwendungen des digitalisierten Gleisbaus: Der digitale Zwilling einer vorhandenen Strecke zeigt Maße und Dimensionen, Eigenschaften und Merkmale, Belastungen und Störungen, somit auch alle Lagefehler und Abweichungen vom Idealzustand genau so, wie sie »draußen« anzutreffen sind. Veränderungen können in die Zukunft hochgerechnet werden: So lassen sich idealerweise den Betrieb störende und dann teure Schäden bereits kurz vor ihrem Auftreten bekämpfen.

BIM und Digital Twin helfen ganz entscheidend, die Planung von Bau- und Instandhaltungsmaßnahmen zu erleichtern. Das kann den Betrieb effizienter und störungsfreier machen, die Ausführungsqualität der Arbeiten deutlich verbessern. Am virtuellen Fahrweg kann jede Instandhaltungsmaßnahme als Entscheidungshilfe oder zur Aufwandsermittlung punktgenau vorgeplant werden, räumlich wie zeitlich. »Punktgenau« ist hier wörtlich zu nehmen, denn die Abbildung der Realität geschieht über eine so genannte Punktwolke. Und die kann höchst realistisch aussehen: Sie wird im Wesentlichen – aber nicht nur – mittels Laservermessung aufgenommen und ist eine Art drei-

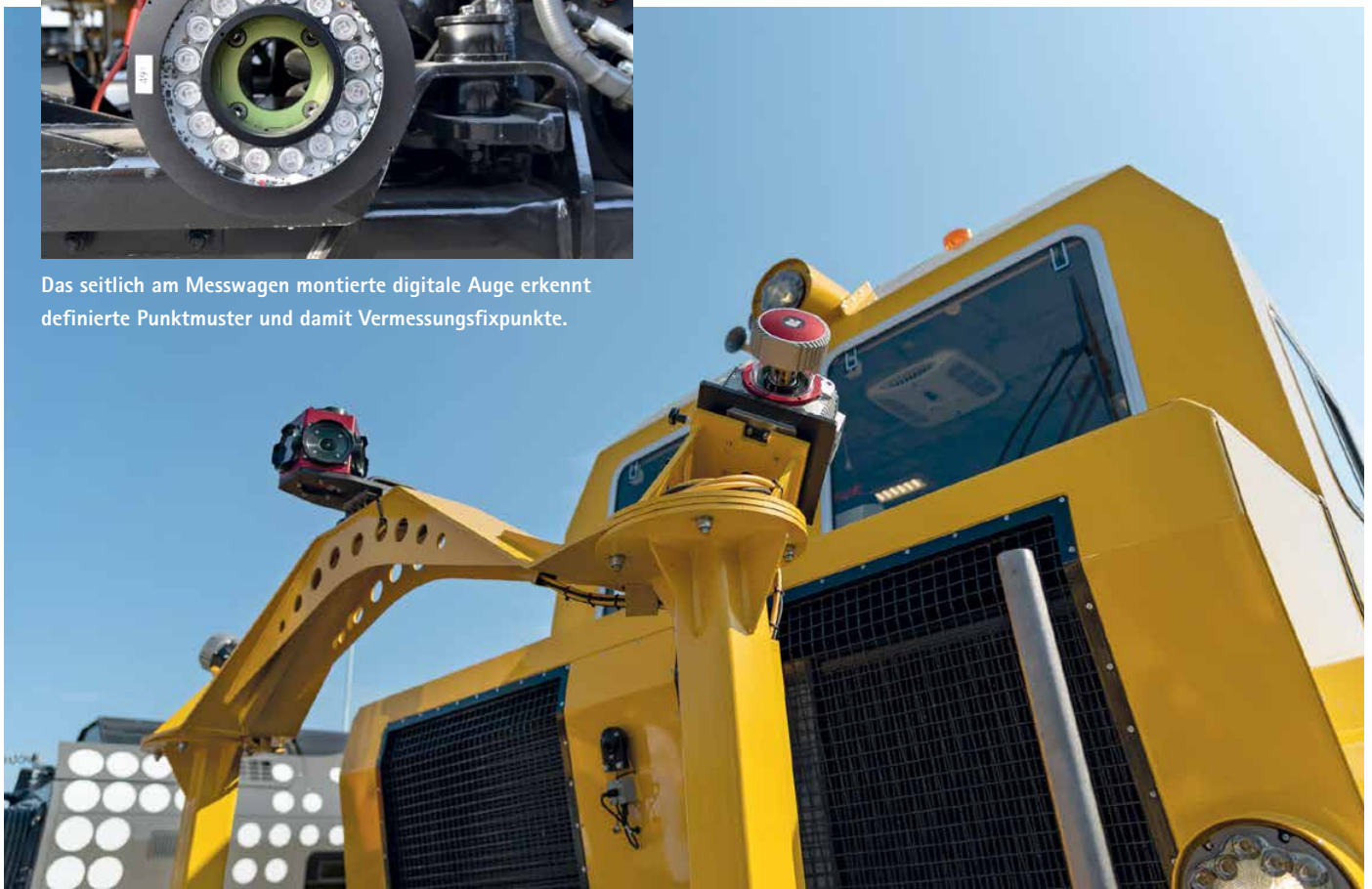
dimensionales Radarbild, bei dem die Lage jedes einzelnen, definierten Punktes im Raum ganz genau bekannt ist.

### Mobile Mapping mit Tempo

Erster Schritt ist die Schaffung der nötigen Datengrundlage, also die exakte Aufnahme einer – beispielsweise – 1886 erstmals angelegten Bahnstrecke mit 1994 zuletzt erneuerten Schienen, Weichen von 2002 und 2013 abschnittsweise ersetzten Betonschwellen. Diese Daten liegen weder in Schublade noch Computer gesammelt vor. Die Strecke muss also vermessen, eine durchaus viele Kilometer lange Punktwolke vorab aufgenommen werden. Selbstverständlich geht das nur in der Realität, aber eben auch nur automatisch und digital. Hier kommt das »Mobile Mapping« zum Einsatz. Dabei erfassen mehrere schnell rotierende Laserscanner von einem Fahrzeug aus die Strecke und ihr Umfeld. Rechner erstellen daraus das dreidimensionale Modell, das Gesicht des Digitalen Zwillings. Letztlich existiert nach Abschluss der Aufnahmen ein jederzeit abrufbares Abbild des Fahrweges, bei dem jedem einzelnen Punkt Eigenschaften zugewiesen sind. Gemeinsam ergeben sie die Punktwolke, die so aus-



Das seitlich am Messwagen montierte digitale Auge erkennt definierte Punktmuster und damit Vermessungsfixpunkte.



Zwei vor der Front schräg montierte Rotationslaserscanner und eine Rundumfarbkamera nehmen die Punktwolke auf.

sieht wie ein etwas grobes Foto. Mit den anderen BIM-Daten entsteht das datenbankgestützte Fahrwegmodell.

Nun kann und darf solch eine Datenaufnahme, ein gründlicher 3D-Streckenscan nebst Berechnung des Digitalen Zwillings, keine einmalige Sache bleiben: Eintretende Veränderungen sollen nicht nur genau dokumentiert, sondern zu erwartende Störungen schon im Vorfeld diagnostiziert werden. Also wird ein regelmäßiger, je nach Streckenbelastung auch häufigerer Soll-Ist-Abgleich im schier unendlich großen Datenbestand vorgenommen werden müssen. Da ist es hilfreich, wenn das schnell geht und wenig Aufwand bereitet. Wie mit dem EM100VT, der in Berlin zu besichtigen war.

### Der Messtriebwagen EM100VT

Das Messexponat absolvierte inzwischen vielerlei Messfahrten. Die »Trägerplattform für Entwicklung und Test von neuen Messsystemen« arbeitet bereits. Der gerade einmal 16 Meter lange Drehgestellvierachser ist mit viel Zusatztechnik ausgerüstet. Der hochexakten, millimetergenauen Positionsbestimmung des Gleises dienen fünf Antennen des GPS-Ortungssystems, oben an

einem eigenen Trägerrahmen unabhängig vom Wagenkasten und dessen Bewegungen montiert. Und da in diesem zukunftsorientierten Messwagen die Entwickler unmittelbar mitarbeiten, berücksichtigen sie gleich auch das noch in Entwicklung befindliche europäische Satellitennavigationssystem Galileo bei ihren Untersuchungen zu Genauigkeit und Praxistauglichkeit. So ist der EM100VT von Plasser & Theurer Experimentier- und Testfeld für allerlei Anwendungen. Hier werden nicht nur Strecken untersucht, sondern auch Ideen.

Fixpunkte an der Stecke – an den für die weiteren Gleisbaumaschinen als Messpunkte maßgeblichen Oberleitungsmasten oder anderen unverrückbaren Stellen – werden von seitlichen Stereokameras erfasst, auch dies hochexakt. Lage- und Beschleunigungssensoren ermöglichen die rechnerische Kompensation aller Wagenkastenbewegungen des Messfahrzeugs während der Fahrt im Gleis. Letztlich können so die von den zwei Rundum-Rotationslasern vor der Front aufgenommenen Punktwolken so genau wie nur möglich lokalisiert werden. Die zwei unscheinbaren Laserscanner zeigen Leistung: Pro Sekunde machen sie jeweils 250 Umdrehungen – also 250 Rundumscans

– und können dabei sekundlich eine Million Punkte aufnehmen. Bei Tempo 100 des Messwagens legen sie dabei zugleich mehr als 25 Meter Strecke zurück, erfassen unermüdlich rotierend genau diese Distanz. Punkt für Punkt. Die Scanner sind geneigt montiert, um senkrechte Flächen besser detektieren zu können. Für realitätsnahe Farbe im sonst nur nach Winter aussehenden weißgräulichen Laserscan sorgen exakt überlagerte Aufnahmen mit einer digitalen 360-Grad-Farbkamera. Den »Rest«, die Berechnung der Punktwolke, erledigt Künstliche Intelligenz, geballte Rechenpower.

All dies wird als »äußere Geometrie« des Gleises bezeichnet. Parallel nimmt der Messwagen auch die »innere Geometrie« auf: Unter dem EM100VT befinden sich alle Elemente eines berührungslosen Gleisgeometrie-Messsystems, das während der Fahrt gleich auch noch Gleislage und Spurweite überwacht und ebenfalls mit den GPS-Daten verknüpft. Rechenergebnis sind hier dreidimensional verlaufende, freie Raumkurven. Ihre Daten lassen sich mit den Punktwolken verbinden.

Der klimatisierte Aufbau des dieselbetriebenen EM100VT bietet Platz für fünf Messarbeitsplätze und den Maschinenbediener, zusätzlich eine Besprechungsecke. Er wurde entwickelt, da der Bedarf an »Objekterfassungssystemen zur automatisierten Aufnahme und Einbettung der Anlagenkomponenten in das Netzmodell« schon bald international deutlich zunehmen wird, so der Hersteller. Die erzeugten Daten werden direkt vom Arbeitsplatz in eine digitale Cloud geladen. Die dafür erforderlichen digitalen Werkzeuge und Softwarelösungen sind Teil der laufenden Entwicklungsarbeit. Unter dem Strich wird eine neue Ära des Gleisbaues greifbare Wirklichkeit – soweit Punkt- und Datenwolken als greifbar bezeichnet werden können.

### Kein Stopp am Mast

Bislang und auch noch für einige Zeit läuft das Vormessen vor einer Gleisdurcharbeitung auf eine spezielle Art und Weise ab, die eine Mischung aus Laservermessung und Handarbeit darstellt. Jeweils an markierten Stellen neben dem Gleis, meist an Oberleitungsmasten, wird manuell ein Fixpunkt gesetzt. Von hier bis zum nächsten Fixpunkt folgt dann die Laservermessung der Strecke, also die Aufnahme des Bogens und etwaiger Überhöhung. Auf diese Ist-Daten greift dann die Stopfmaschine bei ihrem korrigierenden Einsatz zurück und stellt den Soll-Zustand her. Das ist ziemlich perfekt und exakt, braucht aber viel Zeit. Der EM100VT erfasst neuartige grafische Referenzpunkte mit Stereokameras an der Fahrzeugseite. LED-Strahler schaffen eine standardisierte Beleuchtungssituation, die aufgenommene Lage der erkannten Fixpunkte wird in Echtzeit rechnerisch aus einer riesigen Datenmenge ermittelt.

### PlasserSmartMaintenance

Der durchdigitalisierte Forschungsmesswagen ist Teil des ganzheitlichen Programms »PlasserSmartMaintenance«, das für den Hersteller ein weiterer Schritt hin zum digitalen Gleis und zur »Smart Machine«, der intelligenten Maschine, ist. Sobald nämlich der Digitale Zwilling der Strecke bereit ist, steht einem Zusammenspiel mit der Gleisbaumaschine nichts mehr entgegen. Hier kommen dann neben viel Computertechnik und Software die erwähnten Cloudlösungen plus Internetanschluss moderner Maschinen zum Einsatz. Auch die Stopfmaschine wird so zunehmend intelligenter, eben »smart«. Neben den digitalen Vorteilen wie exaktere, schnellere Planung und genaue Dokumentation, Schadensvorhersage und Instandhaltung zum exakt richtigen Zeitpunkt gibt es noch weitere Vorteile. So sind dank steter Dokumentation des Stopfprozesses die erbrachten Leistungen unmittelbar vom Auftraggeber einsehbar. Im Gefahrenbereich halten sich weniger Mitarbeiter auf, Kontrollarbeiten können in sichere Büros verlagert werden.

Alle erfassten und generierten Daten sind in vielen geeigneten Anwendungen nutzbar. Ziel ist das integrierte Online-Railway-Managementsystem. Dieses zentrale Geometrie-Datenverzeichnis, in dem alle Soll- und Ist-Streckendaten vorliegen, tauscht künftig beispielsweise mit den Leitcomputern von Gleisbaumaschinen Anlage- und Messdaten direkt aus – in Absolutwerten, aber auch relativ zu den Fixpunkten entlang der Strecke. Ganz wie es gebraucht wird. Des Weiteren ist »Plasser Virtual Track« in der Entwicklung. Dieses Programm soll es ermöglichen, Strecken aus der Ferne, vom Büro und Computerarbeitsplatz aus, virtuell zu begehen.

### Big Data und Internet of Things (IoT)

Weil es angesichts der unabsehbaren Möglichkeiten der allgegenwärtigen Digitalisierung nun auch in Bahnbau und -betrieb zunehmend schwerer wird, den Überblick zu behalten, beschäftigen sich bereits Konferenzen und Tagungen mit diesem Themenkomplex. Eine davon ist die Veranstaltungsreihe »The Rise of IoT & Big Data in Rail«, die 2018 ihren Auftakt in München hatte. 250 Vertreter aus vielen Ländern trafen zusammen, Mitarbeiter von Plasser & Theurer waren beratend und als Referenten dabei. Gerade die Instandhaltung empfiehlt sich für Digitalanwendungen. So lernen mit Sensoren und Internetadresse versehene Infrastrukturen, mit Zügen und Bahnbaumaschinen zu kommunizieren. Gleise, Weichen, Brücken und anderes mehr melden ihren Zustand und warnen frühzeitig vor möglichem Versagen. Ganz von allein. Das Internet der Dinge vernetzt alle Komponenten, der daraus resultierende Datenverkehr ist reines »Big Data«. Und der will kenntnisreich ausgewertet werden. Mit dem Ergebnis einer nachhaltigen Infrastrukturbewirtschaftung auf richtiger und vollständiger Informationsgrundlage, wie Experten sagen. Die ist keine Vision mehr. ●