

GRAFIK: ÖBB / PLASSER & THEURER

Alternative Antriebskonzepte ermöglichen den ökologischen Gleisbau der Zukunft

Gastbeitrag von Matthias Landgraf, Christoph Kuttelwascher, Johann Dumser und Dieter Knabl

Das gegenständliche Projekt im Auftrag der ÖBB-Infrastruktur AG behandelt den zukünftigen Einsatz ökologischer Gleisbaumaschinen in Österreich. Dies erfordert eine Analyse der von den Baumaschinenbetreibern eingesetzten Flotte, um den aktuellen Energiebedarf und die damit verbundenen Emissionen zu ermitteln. Nach einer Erhebung möglicher alternativer Antriebskonzepte für die eingesetzten Maschinentypen werden die möglichen Einsparungspotenziale der Technologien in Hinblick auf Treibhausgasemissionen dargestellt.

Die Bahn zeichnet sich durch äußerst effizienten Transport von Personen und Gütern aus, weswegen sie auch die geringsten Emissionen aller motorisierten Verkehrsträger aufweist. Damit tragen Investitionen in Bahninfrastruktur

auch wesentlich zu einer umweltfreundlichen Verkehrswende bei. Für einen sicheren und wirtschaftlichen Eisenbahnbetrieb müssen Gleise errichtet, regelmäßig instandgehalten und erneuert werden. Dies ist aber auch mit unerwünschten Umweltwirkungen verbunden. Hochleistungsfähige Gleisbaumaschinen sind meist lärm- und emissionsintensiv, arbeiten rund um die Uhr und führen simultan mehrere Arbeitsschritte durch. Beispielsweise die Erneuerung des Gleiskörpers oder Schleifen und Reprofilieren der Schienenoberfläche. Seit Jahrzehnten wird als Standardtechnologie auch die sogenannte Schotterbettreinigungsmaschine eingesetzt, die im Schnitt rund 50 Prozent des Gleisschotters an Ort und Stelle wiederaufbereitet und so im Sinne der Kreislaufwirtschaft bereits wertvolle Ressourcen spart und Materialtransporte verhindert. Die im Gleisbau verwendeten Spezialmaschinen werden in der Regel mit Dieselmotoren angetrieben. Besonders große Gleisbaumaschinengruppen mit einer Länge von mehreren Hundert Metern brauchen dabei bis zu 1.000 Liter Diesel pro umzubauenden Gleiskilometer. Aus diesem Grund stellt

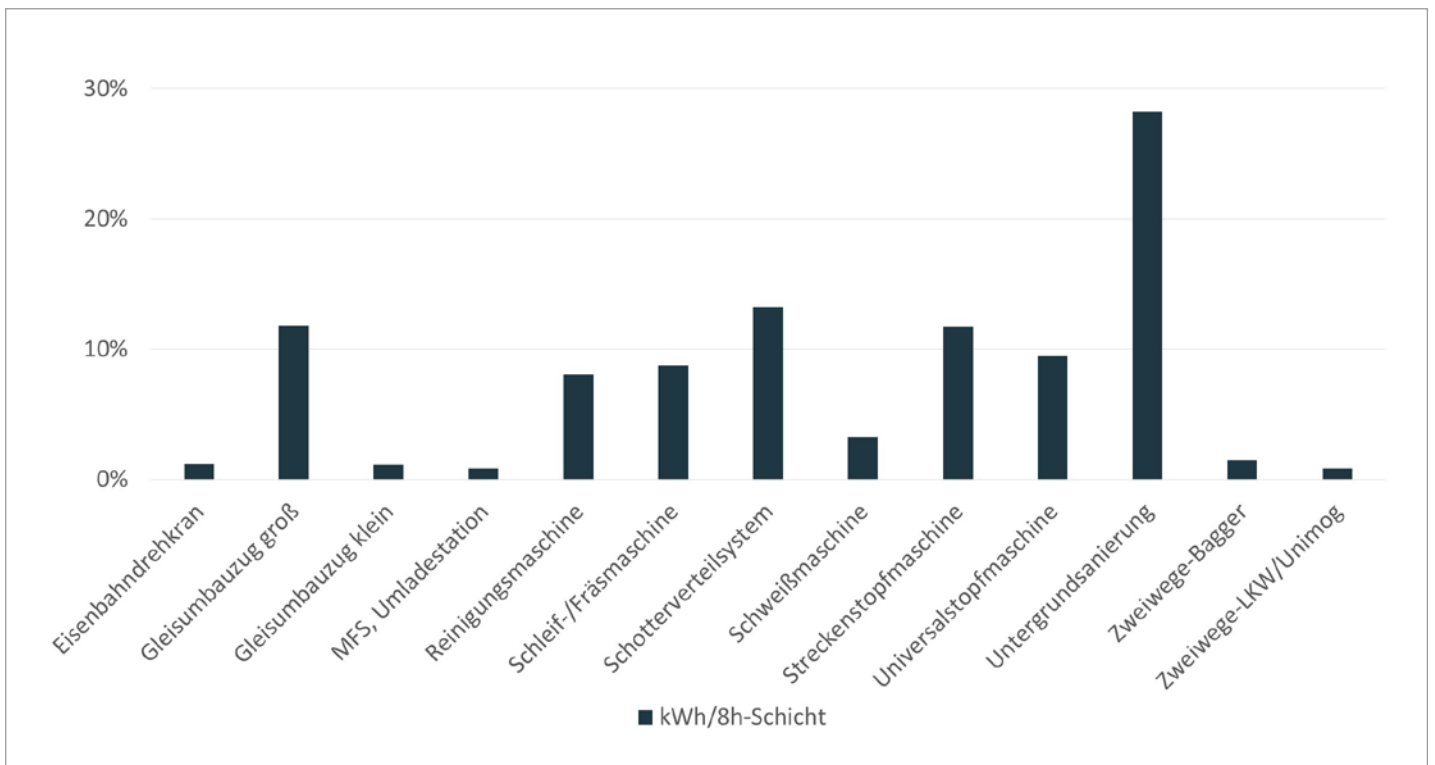
sich die Frage, welche Innovationen und Antriebssysteme für bestehende Fahrzeuge sowie Neuanschaffungen sinnvoll umgesetzt werden können, um eine Reduktion der Emissionen zu bewirken.

Eine Studie in Kooperation mit Plasser & Theurer untersucht daher alternative Antriebssysteme für Gleisbaumaschinen. Die Arbeit mündete in dem hier vorgestellten Projekt im Auftrag von ÖBB-Infrastruktur AG, um die gewonnenen Erkenntnisse auf die in Österreich betriebenen Maschinen anzuwenden. Diese sind größtenteils nicht im Besitz der ÖBB-Infrastruktur AG selbst, sondern werden im Zuge von Bau- und Instandhaltungsleistungen über Rahmenverträge von den jeweiligen Betreibern bestellt. In diesem Projekt war im ersten Schritt die Erhebung der für die Berechnung notwendigen Eingangsdaten vorzunehmen. Die wesentlichen Eingangsdaten für die weiteren Berechnungen stellen folgende Informationen dar:

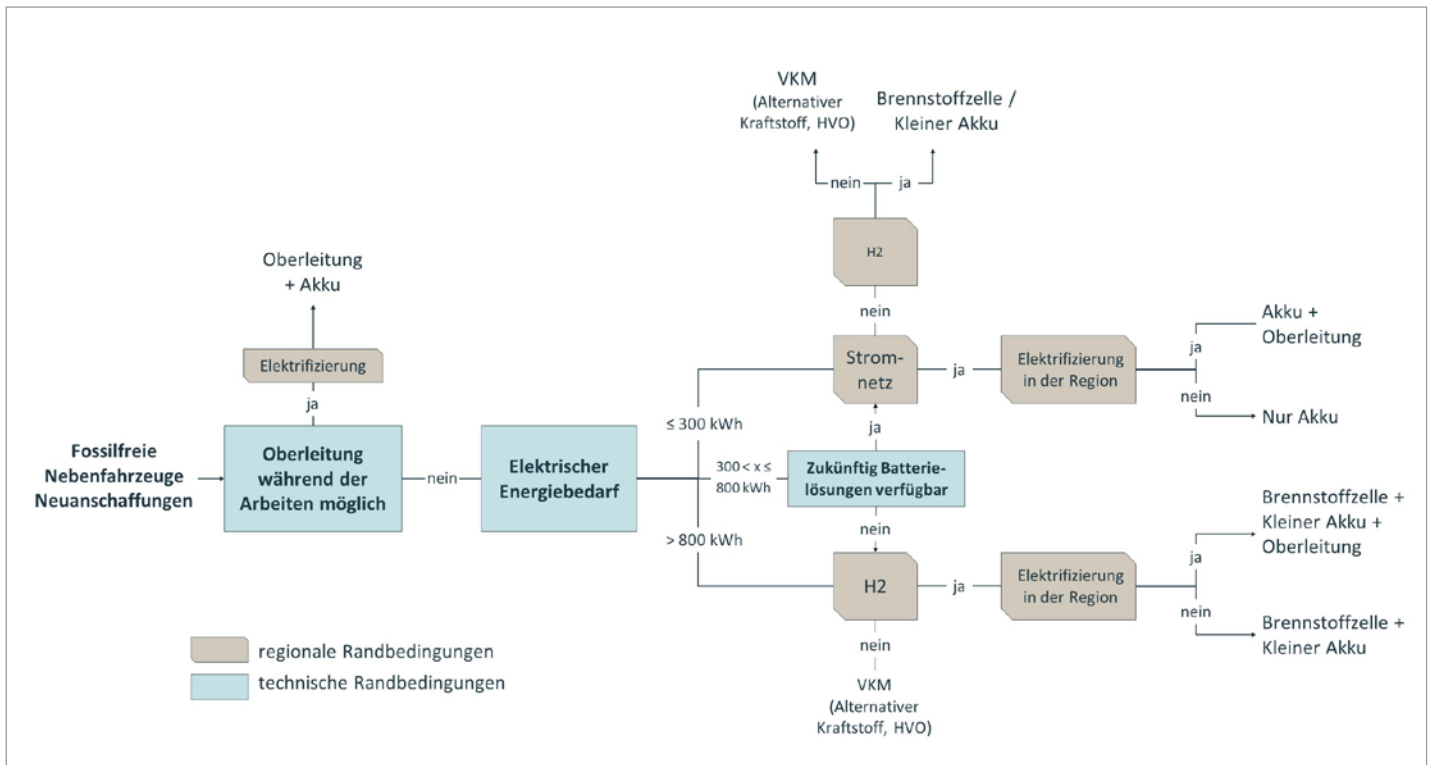
- Maschinendaten: spezifische Daten (Leistung, Gewicht, Baujahr etc.), erwartbare Nutzungsdauer

- Jahresleistung: Anzahl Arbeitseinsätze beziehungsweise Betriebsstunden pro Jahr
- Arbeitseinsatz: durchschnittliche Dauer sowie Maschinenproduktivität (Produktivzeit der Maschine innerhalb einer Schicht), maximale Einsatzdauer
- Emissionen: Emissionsfaktoren für Treibstoffe & Energiebereitstellung, spezifische Eigenschaften der Treibstoffe, Abgasklassen der Motoren, durchschnittliche Motorauslastung
- Transport/Produktion: Diesel- / Energieverbrauch für An- und Abtransport der Materialien laut Umweltbundesamt, Anteile Elektro- beziehungsweise Dieseltransport, Emissionsabschätzung aus Umweltproduktdeklarationen vergleichbarer Maschinen

Anhand dieser Eingangsdaten kann bereits der Dieselverbrauch pro Arbeitseinsatz (zusammengesetzt aus Arbeitsleistung, Traktion sowie den An- und Abtransport der Maschinen) berechnet werden. Dies ermöglicht eine Überführung in den Energiebedarf (Kilowattstunde) pro „Arbeitsschicht bezogen auf acht Stunden“ (erste Grafik).



Relativer Energiebedarf je Maschinengruppe pro 8-Stunden-Schicht



Entscheidungsbaum für Neuschaffungen von Antriebssystemen

Dabei zeigt sich beispielsweise, dass Untergrundsanierungsmaschinen in Relation den höchsten Energiebedarf pro Schicht (Schichtlänge gerechnet auf acht Stunden) aufweisen. Sie kommen daher auch nur bei absoluter technischer Notwendigkeit zum Einsatz. Gleichzeitig tragen die Untergrundsanierungsmaschinen aber auch wesentlich zur Kreislaufwirtschaft bei, indem sie analog zu Schotterbettleinigungsmaschinen den entnommenen Schotter vor Ort wiederverwerten. Neumaterial wird dadurch eingespart und der An- und Abtransport von Materialien wesentlich verringert. Das andere Extrem stellt die Gruppe der Zweiwege-Bagger dar, welcher zwar einen sehr geringen Energiebedarf pro Schicht aufweist, aber über das gesamte Jahr – aufgrund der hohen Einsatzhäufigkeit und Stückzahl – den zweithöchsten netzweit aufwendet.

Mit den richtigen Maßnahmen Emissionen reduzieren

Die Reduktion von Emissionen kann durch eine Vielzahl an Maßnahmen erzielt werden. Dazu zählen allgemeine Maßnahmen zur Effizienzsteigerung, die Optimierung von Be-

standsmotoren sowie der Einsatz von alternativen Antriebsstrangkonfigurationen für neue Maschinen. Dabei muss insbesondere in Maßnahmen der Nach- und Umrüstung von bestehenden Fahrzeugen sowie Neukauf von Fahrzeugen unterschieden werden. Die oberste Priorität – auch im Sinne der ökologischen Nachhaltigkeit – besitzt jedenfalls die Ausnutzung der Nutzungsdauer bereits beschaffter Fahrzeuge. Insbesondere Maßnahmen zur Effizienzsteigerung und Optimierung von Bestandsmotoren können dabei eine Verbesserung bei bestehenden Fahrzeugen darstellen. In Bezug auf alternative Antriebssysteme und Kraftstoffe kann der Einsatz von Biokraftstoffen (HVO – hydrogenated vegetable oil) ein Potenzial darstellen.

Unterschiedliche Maschinen erfordern unterschiedliche Konzepte

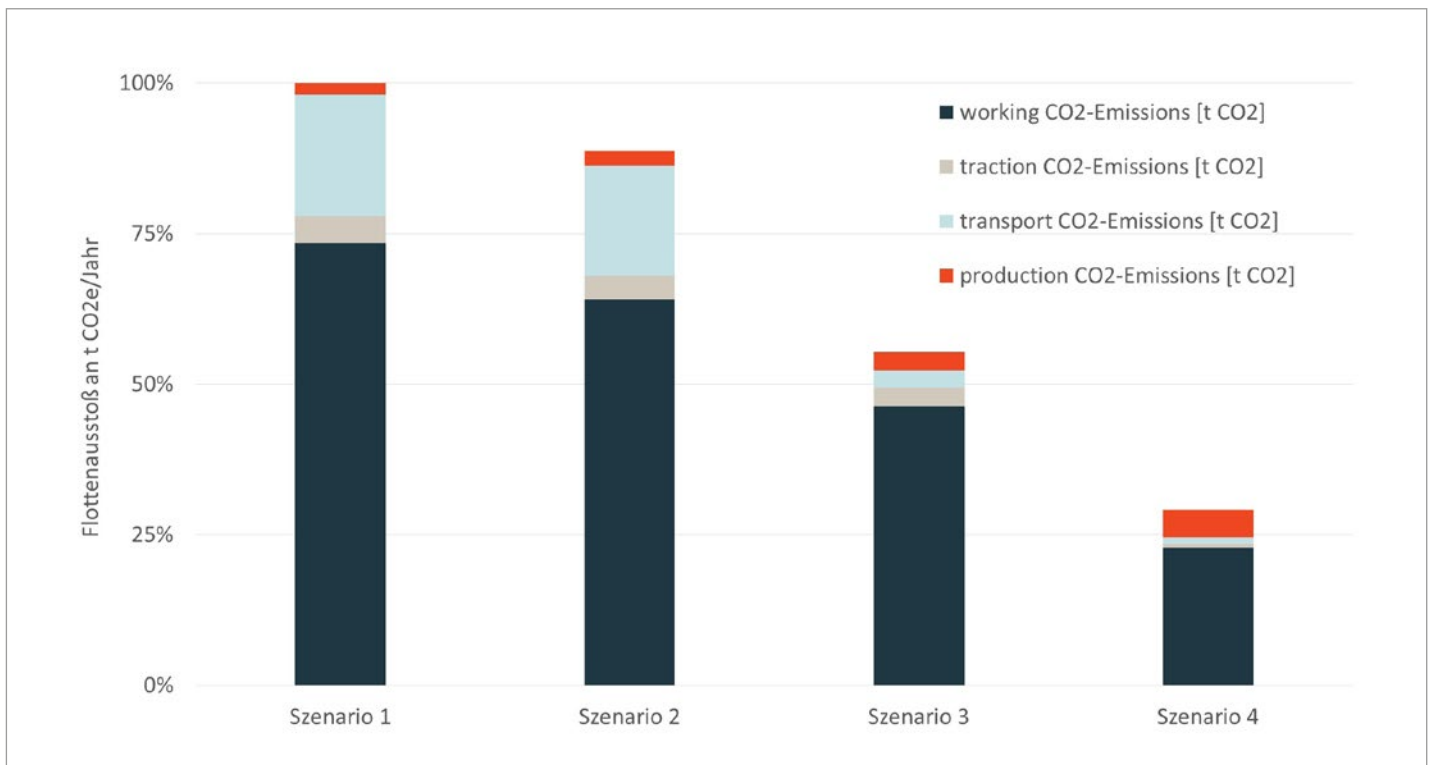
Im Rahmen von Neuschaffungen sollte in Zukunft vermehrt auf alternative Antriebssysteme sowie alternative Energieträger zurückgegriffen werden. Die vorhandenen fossilfreien Technologien unterteilen sich in elektrische

Antriebsstränge (Elektrifizierung, Hybridisierung) und alternative (nicht fossile) Kraftstoffe. Insbesondere Gleisbaumaschinen mit elektrischen Antriebssträngen können und werden auch zukünftig als hybride beziehungsweise duale Lösungen ausgeführt werden. In Bezug auf die sich daraus ergebenden Emissionen spielt bei elektrischem Antrieb natürlich insbesondere der verwendete Strommix eine wesentliche Rolle. Im Rahmen dieser Studie wird ein Strombezug „Grüner Strom“ aus Österreich laut österreichischem Umweltbundesamt angenommen.

Sofern aus Gründen der Verfügbarkeit und arbeitsrechtlichen Randbedingungen möglich, sollte als erste Option jedenfalls eine Speisung der Gleisbaumaschinen durch die Oberleitung in Betracht gezogen werden. Ist dies nicht möglich, hängt die Auswahl alternativer Antriebstechnologien bei Neuanschaffung maßgeblich vom Energieverbrauch pro Arbeitseinsatz sowie technischen und regionalen Randbedingungen ab. On-Board-Batterietechnologie ist die bevorzugte Lösung für Gleisbaumaschinen, die weniger als 300 Kilowattstunden pro Arbeitseinsatz benötigen. Hin-

gegen ist die Wasserstoff-Brennstoffzellen-Technologie für Maschinen mit einem Bedarf von über 800 Kilowattstunden als langfristige Lösung geeignet. Für Maschinen mit einem Energiebedarf dazwischen ist aus Gewichtsgründen entweder eine Weiterentwicklung in der Batterietechnologie notwendig oder Brennstoffzellentechnologie vorzuziehen.

Trotz der Vorteile von alternativen Antriebssystemen (zum Beispiel Reduktion der Treibhausgasemissionen und der Lärmbelastung, höhere Effizienz) bedeutet ein alternatives Antriebssystem nicht automatisch den Verzicht auf fossile Brennstoffe oder Emissionsfreiheit. Batterie- und Wasserstoffanwendungen sind vom Strommix sowie vom Produktionsprozess und der Lebensdauer ihrer Komponenten abhängig. Das Potenzial alternativer Flüssigbrennstoffe ist als Langzeitlösung hingegen eingeschränkt (großer Primärenergiebedarf, widersprüchliche Daten zu Emissionen, Bedenken bezüglich synthetisch hergestellter Treibstoffe, ethische Bedenken hinsichtlich Nutzung von Agrarflächen etc.). In dieser Studie wird HVO als Brückentechnologie empfohlen, wobei konservative Annahmen zur Emissions-



In vier Schritten zum langfristig möglichen Einsparungspotenzial von über 70 Prozent an Treibhausgasemissionen

reduktion berücksichtigt sind. Dies bedeutet, dass etwaige Gutschriften aufgrund thermischer Verwertung oder Wiederverwendung von Materialien unberücksichtigt bleiben. Hinsichtlich der Emissionsreduktionen werden als Systemgrenze die Energieerzeugung und die lokalen Emissionen in den Berechnungen berücksichtigt.

Berechnungen zeigen das große Potenzial der alternativen Lösungen

Im Rahmen der detaillierten Berechnungen der Emissionen pro Arbeitseinsatz und Aggregation auf die Gesamtjahresleistungen werden Arbeitsprozess (Working), Traktion (im Baustellenbereich), Transport (An- und Abtransport der Maschinengruppe) und Produktion der Maschinen unterschieden. Dies ist aufgrund der präzise vorliegenden Einzeldaten der ÖBB-Infrastruktur AG möglich.

Es wird der aktuelle Dieserverbrauch der Maschinen berechnet und der elektrische Energiebedarf (Kilowattstunde) abgeleitet. Auf dieser Basis können die Emissionen für die jeweiligen Fahrzeuge und Antriebstechnologien ermittelt werden. Im Rahmen der vorliegenden Studie wird der Fokus im Rahmen der Szenarienrechnung auf Treibhausgasemissionen (CO₂e, auch CO₂-Äquivalent) gelegt.

Die gewählten Randbedingungen der vier unterschiedlichen Vergleichsszenarien zeigt die zweite Grafik. Szenario 1 beschreibt dabei den Ist-Zustand, also Dieselbetrieb bis auf die bereits in der Flotte befindlichen E³-Fahrzeuge. Szenario 2 beschreibt einen 50-Prozent-Ersatz von Diesel durch HVO, darüber hinaus werden Maschinen mit einem Baujahr vor 1992 ersetzt. Die Wahl des Antriebssystems der Neufahrzeuge wird dabei auf Basis des Entscheidungsbaumes für Neuanschaffungen (dritte Grafik) getroffen. Szenario 3 und Szenario 4 stellen eine dementsprechende Fortführung der Maßnahmen dar, wobei im Szenario 4 keine fossilen Treibstoffe mehr eingesetzt werden.

Daraus resultieren Jahreswerte von Energie- beziehungsweise Treibstoffverbrauch sowie Schadstoffausstoß der gesamten Maschinenflotte für die verschiedenen Szenarien. Der Einsatz alternativer Kraftstoffe und Antriebstechnologien führt dabei zu einer erheblichen Reduktion der assoziierten Treibhausgasemissionen von bis zu rund 72 Prozent (Szenario 1 versus Szenario 4).

Im Detail zeigt sich, dass durch die simulierten Maßnahmen insbesondere die Emissionen des Arbeitsprozesses sowie des Transports verringert werden können. Die Emissionen, welche aufgrund der Maschinenproduktion selbst entstehen, erhöhen sich, da die Produktion von Batterien

beziehungsweise Brennstoffzellen mit höheren Emissionen verbunden ist als die Produktion eines Verbrennungsmotors. Insgesamt sind die Emissionen der Produktion jedoch sehr gering, weswegen diese gegenläufige Entwicklung zu keinen Änderungen der vorgeschlagenen Maßnahmen führt.

Schritt für Schritt zum zukünftigen Einsatz ökologischer Gleisbaumaschinen

Es zeigt sich, dass langfristig bis zu 70 Prozent Einsparungen der Treibhausgasemissionen im Vergleich zum Status quo erreichbar sind. Als Übergangslösung können alternative Treibstoffe wie HVO zur Verwendung in Verbrennungskraftmaschinen wesentliche kurzfristige Potenziale bieten. Lokale (CO₂-)Emissionen werden dadurch jedoch nur geringfügig verbessert. Langfristig sollte je nach Maschinengruppe und Randbedingungen der Baustelle wann immer möglich auf Batterie- oder Oberleitungsantrieb beziehungsweise eine Hybridtechnologie (Oberleitung für Transfer und Ladung, Batterie im Baustellenbetrieb) zurückgegriffen werden. Für Großmaschinen und bei Bedarf höherer Flexibilität (Einsatz vorwiegend auf nicht-elektrifizierten Strecken) stellen Bio-kraftstoffe eine kurz- bis mittelfristige Lösung dar. Langfristig könnte hier aus heutiger Sicht der Einsatz von (grünem) Wasserstoff eine sehr gute Variante darstellen.

Die Erkenntnisse der vorliegenden Untersuchung stellen einen wertvollen Baustein für die Ökologisierung im Gleisbau dar, und sie können beispielsweise als Steuerungsmaßnahme in Ausschreibungen Berücksichtigung finden. Eisenbahninfrastrukturunternehmen sind jedenfalls dazu angehalten, das Gesamtsystem im Auge zu behalten. Sicherheit, Wirtschaftlichkeit, Robustheit und praktische Umsetzbarkeit sind zusätzliche Faktoren, die einen Einfluss auf heutige und zukünftige Entscheidungen haben und dementsprechend zu berücksichtigen sind. =

Autoren:

Priv.-Doz. DI Dr. Matthias Landgraf ist CEO und Gründer von evias | Rail Consulting Unternehmen Österreich.

Dipl.-Ing. Christoph Kuttelwascher ist Leiter des Teams für Gleisbautechnik bei der ÖBB-Infrastruktur AG.

Johann Dumser ist als Director of Global Marketing and Communications bei Plasser & Theurer tätig.

Dipl.-Ing. BSc Dieter Knabl ist Projektmitarbeiter am Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft der TU Graz.