

# Neue Ökonomie und Ökologie in der Tunnelinstandhaltung

Technologische Lösungen für mehr Wirtschaftlichkeit, Klimaschutz und Arbeitnehmerschutz bei Gleisbauarbeiten im Untergrund

MARTIN RUDHOLZER | OTTO WIDLROITHER

**Arbeiten an der Infrastruktur im Tunnel sind eine komplexe und anspruchsvolle Aufgabe. Zusätzlich zum Zeitdruck herrschen meist schwierige Licht-, Sicht- und Platzverhältnisse, Emissionen erreichen Höchstwerte. Insbesondere Abgase und Lärm, verursacht von Diesel-Arbeitsfahrzeugen, Zweitakt-Kleinmaschinen und Bewetterung, wirken im Tunnel ungleich stärker auf die Beschäftigten ein als in jedem anderen Bereich der Infrastrukturinstandhaltung. Mit dem Ziel einer leisen, sauberen und sicheren Baustelle entwickelt Robel seit Jahrzehnten Gleisbaumaschinen speziell für diesen Einsatzbereich.**

Wie überall am Gleis gilt es, die Arbeiten so sicher, so ergonomisch und so schnell wie möglich abzuwickeln. Hinzu kommen Aspekte der Wirtschaftlichkeit und der Umweltverträglichkeit. Der europäische Grüne Deal [1] und die damit verbundenen Aufgaben für eine klimafreundliche Schiene [2] treiben Entwicklungen in der Infrastrukturinstandhaltung verstärkt voran, entsprechend spezialisierte Arbeitsfahrzeuge und Kleinmaschinen sind bereits im Einsatz.

## Gleiskraftwagen als Alleskönner in urbaner Umgebung

Die Metropolen wachsen schnell, die Schienen- und Tunnelinfrastruktur ist durch Verkehrszunahme und Taktverdichtung belastet wie nie zuvor. Gewartet wird, während die Stadt schläft; Störfälle im laufenden Betrieb müssen schnell und parallel zu anderen Ver-

kehrsteilnehmern behoben werden. Immer mehr Netzbetreiber stellen deshalb ihren Fuhrpark auf Fahrzeugsysteme um, die aufgrund modularer Komponenten flexibel für eine Vielzahl von Arbeiten einsetzbar sind und so Prozesse erheblich beschleunigen.

Bereits 2007 entschieden sich die Stadtwerke München sowie die VAG Nürnberg für den Einsatz von Robel Gleiskraftwagen (GKW) speziell für Bauarbeiten an den U-Bahn-Netzen sowie für Intervention, z.B. um liegen gebliebene Züge aus dem Stand aus größten Steigungen zu schleppen. Einige Aufgaben von vielen, die diese Fahrzeuge bis heute zuverlässig erledigen. Die Kölner Verkehrs-Betriebe AG (KVB) setzt seit 2016 ein System aus GKW, Containertragwagen, Anhängern mit Saug-Spül-Aggregat sowie Schienen- und Schottertransportanhänger auf allen städtischen Strecken ein [3]. Auch auf der Londoner Elizabeth Line, voraussichtlich operativ ab Mitte 2022, übernimmt ein Transportsystem mit modularen Aufsätzen die Oberleitungsinstandhaltung, Passschienen- und Weichenwechsel sowie Kanalspülung und Tunnelreinigung [4]. Wo Kran oder Großmaschinen an ihre Grenzen stoßen, arbeitet Robel mit speziell für den Tunnelleinsatz entwickelter, automatischer Umsetz-Technik (Abb. 1) (s. Anwendungsbeispiele).

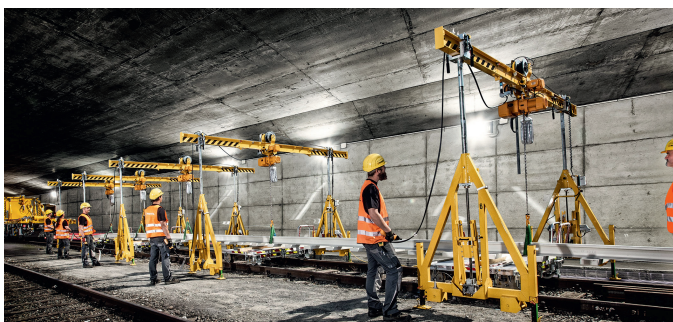
## Emissionsfreie Tunnelinstandhaltung: Gleiskraftwagen mit Hybrid-Antrieb

Der nächste logische Schritt nach der Optimierung der Prozessgeschwindigkeit und -qualität ist die Reduzierung fossiler Brennstoffe bzw. Senkung von Luft- und Lärmemissionen und somit die spürbare Verbesserung der Umwelt- und Arbeitsbedingungen im Tunnel. Mit einer neuen

Serie von Hybrid-Gleiskraftwagen wird dieser Entwicklung Rechnung getragen. Erster Auftraggeber sind die Stadtwerke München: Ab 2024 kommen sechs elektrische GKW auf den städtischen U-Bahn-Strecken zum Einsatz (Abb. 2). Die 20 m langen, vierachsigen Arbeitsfahrzeuge sind mit mittiger Kabine, beidseitiger Ladefläche auf Bahnsteigniveau und je einem Kran/Baggergreifer an beiden Fahrzeugfronten für den Zweirichtungsbetrieb und maximale Einsatzbereitschaft im Tunnel optimiert. Für erweiterte Aufgaben ist eine Doppel- und Dreifachtraktion vorgesehen, beidseits können Transportwagen gekuppelt werden. Die Anhängelast beträgt bis zu 125 t, entsprechend einem U-Bahn-Zug, der in Rampen mit 60 ‰ Steigung abzuschleppen ist. Die Fahrt zum Einsatzort erfolgt mit elektrischer Energie aus der seitlichen Stromschiene. Um den Arbeitsbetrieb bei den begrenzten Platzverhältnissen im Tunnel nicht zu behindern, sind die Stromabnehmer am Drehgestell einklappbar konstruiert. Ein Akkuspeicher liefert die Energie für Arbeitsfahrt und Kranbetrieb. Der Akku wird im Betriebshof, aber auch während jeder Fahrt beim Bremsen und im Gefälle per Rekuperation nachgeladen. Möglich ist zudem dieselektrischer Antrieb, der einen Generator antreibende 100 kW Dieselmotor verfügt über modernste Abgas-Nachbehandlung.

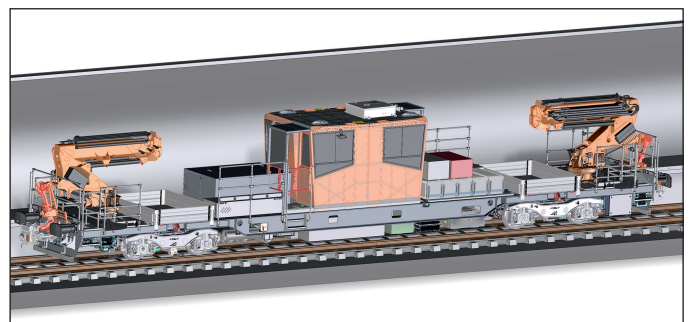
## Sicheres Arbeiten in der mobilen Werkstatt

Um punktuelle Instandhaltungsarbeiten in kritischen Gleisumgebungen schnell, sicher und völlig unabhängig von äußeren Bedingungen durchführen zu können, setzen Bahnen in Europa, Amerika und Japan mobile Instandhaltungssysteme ein [5]. Diese sind im Arbeits-



**Abb. 1:** Weichen-/Schienenwechsel im Tunnel ohne Kran: Automatisches Umsetzsystem für die Londoner Elizabeth Line

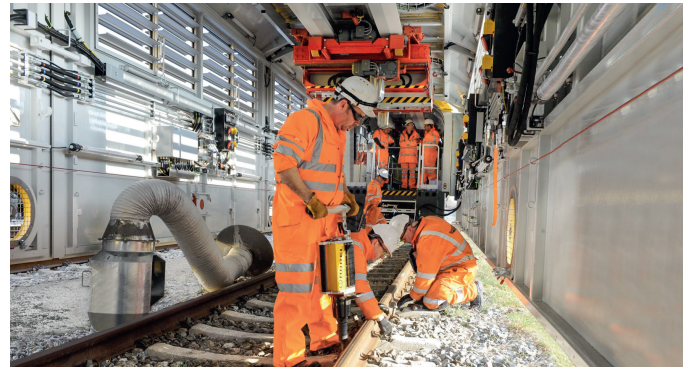
Quelle Abb. 1-9: Robel



**Abb. 2:** Die Stadtwerke München erhalten 2024 sechs elektrische Gleiskraftwagen. Die Energie kommt wahlweise von Stromschiene, Akku oder Generator.



**Abb. 3:** Die geöffnete Seitenwand des mobilen Instandhaltungssystems ermöglicht den geschützten Zugang für die Reinigung von Drainage-Kanälen im Tunnel.



**Abb. 4:** Ein durchlaufender Deckenkran, Belüftung, Beleuchtung und der Einsatz von handgeführten Akku-Maschinen sorgen für maximale Ergonomie und Arbeitssicherheit im mobilen Instandhaltungssystem.

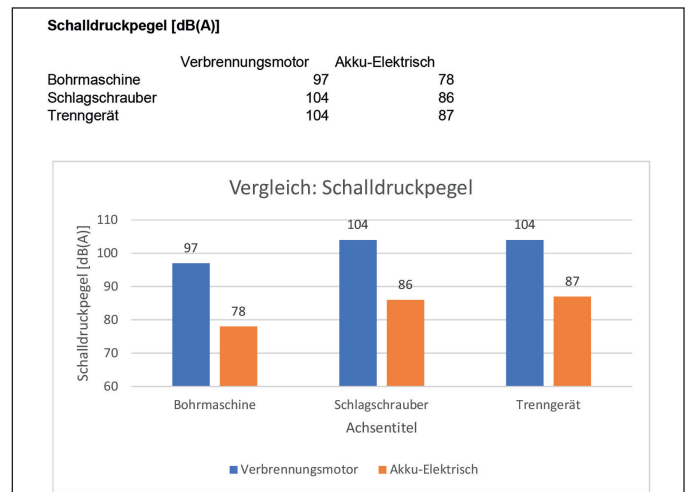
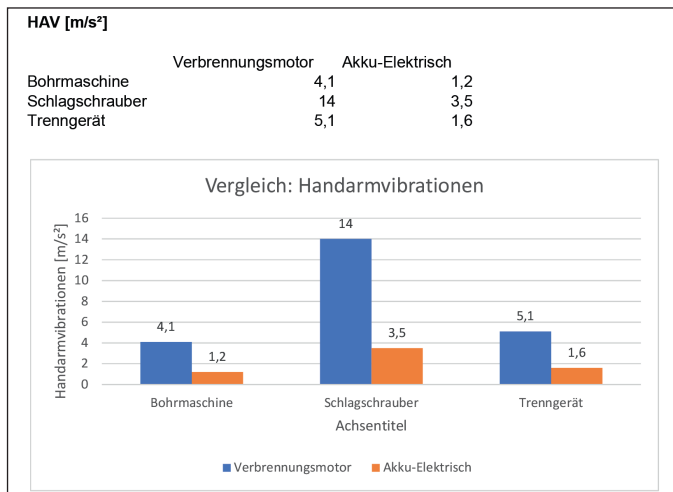
bereich zwischen den Fahrwerken zum Gleis offen, Teile der Längswände sind geradlinig ausfahrbar. So entsteht ein geschützter Arbeitsraum rund um beide Schienen mit sicherem Zugang, vollständig ausgeleuchtet und belüftet, bei offenem Nebengleis und mit autarker Versorgung aller Maschinen und Geräte. Die Kompakt-Ausführung (Abb. 3) ist mit einer Länge von 15 m speziell für Einsätze im Untergrund konzipiert und schafft auf zwei Etagen einen geschützten Arbeits- und Aufenthaltsbereich für bis zu acht Personen mit Mannschafts- und Sanitäräumen sowie Werkzeug- und Kleinmateriallager. Schiebetore in den Längswänden der Arbeitseinheit bieten Zugang zu

Tunnelwänden und Randwegzone, Kabeln und Kanälen. Optionale Frontdurchführungen für Druck-, Saug- und Spülschläuche unterstützen Gleis-, Tunnel- und Kanalreinigung wie das Spülen der Tunnel-Drainagen mit Hochdrucklafetten. Da die Wände des Systems nicht nur den Arbeitstrupp schützen, sondern auch die Tunnelumgebung vollkommen abschirmen, entfällt die üblicherweise aufgrund des Spritzwasseraufkommens erforderliche Vollsperrung des Nachbargleises bei stromloser Oberleitung. Neben der Optimierung der Prozessabläufe liegt die Besonderheit des mobilen Instandhaltungssystems in einer signifikanten Steigerung des Arbeitskomforts: Manuelle Tätigkeiten und

damit verbundene Belastungen werden durch den Einsatz durchlaufender Deckenkräne reduziert. Vom System oder über Akku emissionsfrei versorgte, handgeführte Elektro-Kleinmaschinen unterstützen effizientes und ergonomisches Arbeiten am Gleis, von Passschienen- und Schwellenwechsel über Reparatur- und Auftragschweißungen bis zur Inspektion von Weichen, Melde- und Signalanlagen (Abb. 4).

**Elektrische Kleinmaschinen – sauber, leise, ergonomisch**

Im Bahnbereich werden nicht nur Fahrzeuge und Systeme auf elektrische Antriebe umgestellt. Auch bei den handgeführten Klein-



**Abb. 5a und b:** Diagramm Arbeitsschutz durch Akkumaschinen: Der Vergleich mit dem Verbrennungsmotor zeigt deutlich reduzierte Handarmvibrationen und Lärmemissionen.



**Ihr Partner für Gehäuse im Tunnel**

Swibox AG

Industriestrasse 38  
CH 3175 Flamatt

Telefon: +41 31 98520xx  
Mail: info@swibox.ch

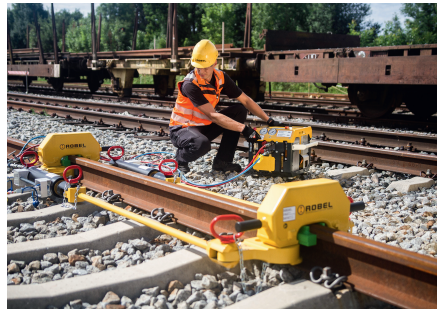
**swibox**







**Abb. 6:** Betrieben von einem 2300 Wh Akku, schafft das elektrische Schienentrennschleifgerät bei einer UIC60 Schiene bis zu 20 Schnitte.



**Abb. 7:** Ein batteriebetriebenes Hochdruck-Hydraulikaggregat liefert wahlweise Energie für Schienenspanner und Schweißwulst-Abschergerät.

maschinen weisen aktuelle Technologien klar in Richtung Klima- und Arbeitnehmerschutz: Bereits heute ist es möglich, viele, oft sogar alle anfallenden Arbeiten einer Gleisbaustelle elektrisch durchzuführen. Die Entwicklung alternativer Antriebs- und Energieversorgungslösungen sowie verbesserte Speicher führen zu einem wachsenden Anteil von Akkumaschinen. Lithiumbatterien und leistungsstarke Elektromotoren sind eine echte Alternative zum Verbrennungsmotor. Sie sind leistungsfähig und langlebig, sauber und drastisch leiser, leichter und vibrationsarm. (Abb. 5a und b). Sie ermöglichen ergonomisches Arbeiten, wirtschaftlich und umweltverträglich. Zudem ist elektrische Energie ungleich günstiger zu beziehen als über Verbrennerkraftstoffe erzeugte. In der Branche wird davon ausgegangen, dass bereits im Jahr 2025 zwei von fünf Bahnbaumaschinen mit Akkukraft betrieben werden.

**Die Vorteile des Elektromotors in kritischem Baustellenumfeld**

Kraftstofftanks, das Hantieren mit Treibstoff, Öl und Filtern, im Betrieb heiße Auspuff- und

Motorteile sowie der komplette Wartungsbedarf fallen bei E-Antrieben weg. Der Verzicht auf den schweren und prinzipbedingt immer vibrationsstarken Verbrennungsmotor erlaubt eine leichte, dennoch robuste Maschinenkonstruktion aus Aluminium: Eine Akku-Schlagschraubmaschine wiegt bei gleicher Leistung rund 20 % weniger als ein vergleichbares Modell mit 4-Takt-Benzinmotor. Der kompakte E-Motor bietet weitere konstruktive Möglichkeiten, etwa für die Platzierung auf der Maschine, ihre Schwerpunktlage und Handlichkeit. Die Sicht auf den Arbeitsbereich bleibt frei, die Körperhaltung des Bedieners jederzeit ergonomisch. Kabellose Maschinen sind besonders unter beengten Verhältnissen ideal. Eine Akkumaschine ist einfach transportiert und schnell einsatzbereit. Ihre volle Drehzahl und Leistung erreicht sie ohne Warmlaufphase, unabhängig von der Außentemperatur. Im März 2021 wurden dreimonatige Testreihen im russischen Winter abgeschlossen. Selbst bei -27 °C lieferten die Akkuversionen mehrerer Handmaschinen bei permanenter Verfügbarkeit hervorragende Arbeitsergebnisse.

**Akkumaschinen im Tunnelleinsatz**

In manchen Fällen wird die Instandhaltung der Infrastruktur durch alternative Antriebe erst möglich, etwa dort, wo Vorschriften die Verwendung flüssiger Kraftstoffe untersagen. Mit der Substitution von Verbrennungsmotoren durch akkugestützte Elektroantriebe eröffnen sich im Tunnel und auch im urbanen Umfeld neue Einsatzbereiche. Das bei reinen, kabelgebundenen Elektroantrieben erforderliche sorgfältige, zeitintensive Verlegen von Stromversorgungsleitungen oder das Aufstellen von Stromaggregaten entfällt, denn für alle grundsätzlichen Tätigkeiten der Schieneninstandhaltung stehen Akkumaschinen bereit: Abgesehen vom Schweißvorgang kann ein kompletter Passschienenwechsel emissionsfrei durchgeführt werden.

**Die batterieelektrische Gleisbaustelle**

Die Akku-Schienenbohr- und Schlagschraubmaschinen decken drei Haupt-Tätigkeitsbereiche ab: Das waagerechte Bohren von Löchern im Schienensteg für Laschen oder Schaltmittel, das zugehörige waagerechte Schrauben sowie das Lösen und Festziehen von Schwellenschrauben in senkrechter Haltung. Für punktuelle Stopfarbeiten im Schotter steht eine Akkuversion des Vertikal-Schwingstopfers bereit. Zum Passschienenwechsel kommen darüber hinaus folgende Akkumaschinen zum Einsatz: Das Schienentrennschleifgerät (Abb. 6) trennt in weniger als einer Minute den Schienenstrang, auch kann so das einzufügende Schienenstück auf Maß gebracht werden. Eine zweite Möglichkeit für den Schnitt durch das Schienenprofil vor dem Schienentausch ist die Akku-Schienenbandsäge. Sie sorgt für einen gleichmäßigen, kalten Schnitt ohne Funkenflug, sauber, schnell

Vermessung  
Geotechnik  
Geoinformatik  
Entwicklung

intermetric

Das richtige Maß

RICHTLINIENKONFORMES GLEISMONITORING

iGM.NET integriert Inklinometer und Tachymeter zu einem voll redundanten Monitoring System und erfüllt damit die Anforderungen der DB Ril 883.8000. Erstmaliger Einsatz beim Tunnel Obertürkheim.

intermetric GmbH | Industriestr. 24 | 70565 Stuttgart | T +49(711)780039-2 | www.intermetric.de

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Robel Bahnbaumaschinen GmbH /  
 Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten  
 genehmigt / © DVV Media Group GmbH

und nahezu geräuschlos. Ist das neue Schienstück in Position, muss es verschweißt werden. Dafür sind zunächst die beidseitigen anschließenden Schienen zu spannen. Auch dies ist mit Akkukraft möglich: Das Akku-Hochdruck-Hydraulikaggregat (Abb. 7) baut erst den erforderlichen Öldruck und darüber die passende Zugspannung auf, hält diese und liefert nach der abgeschlossenen aluminothermischen Schweißung auch den Druck für das hydraulische Schweißwulst-Abscherggerät. Abschließend muss die Schweißstelle verschliffen werden. Batterieelektrisch geschieht dies mit einer Akku-Schienenkopf-Schleifmaschine. Das Anziehen der Schwellenschrauben sowie punktuellen Unterstopfen werden mit den eingangs erwähnten Akkumaschinen erledigt.

### Gleisbauspezifische Akkutechnologie

Die Anforderungen an Gleisbaumaschinen unterscheiden sich wesentlich von jenen an marktübliche Akkugeräte für Industrie und Handwerk. Gefordert sind hohe Leistung, hohes Drehmoment, Ausdauer und Robustheit. Daher wurde eine zugehörige spezielle, wartungs- und verschleißfreie Akkumulatorbatterie für den Baustelleneinsatz entwickelt. Hochwertige Lithium-Ionen-Speicherzellen, umgeben von einem schlagfesten Aluminiumgehäuse, sichern eine lange Nutzungszeit; die Bauart schließt Batteriebrände aus. Handgeführte Akkumaschinen von Robel sind bislang in Europa, Australien und Nordamerika sowie in Japan im Einsatz. Alle Maschinen und Geräte arbeiten mit dem prinzipiell gleichen Akkupack, einem im Einsatz bewährten Speicher auf Lithium-Ionen-Basis mit einer Spannung von 43 V bzw. 52 V und mehreren Kapazitätsstufen – 400, 700 und 2300 Wh. Die aufsetzbare Batterie ist über stabile Kontakte, Formschluss und gesicherten Spannschluss mit der Maschine verbunden, kann aber mit zwei Handgriffen gelöst und gewechselt werden.



**Abb. 8:** Das Transportsystem für die KVB ist sowohl in der U-Bahn als auch im öffentlichen Straßenverkehr im Einsatz.

Unabhängig von der Tätigkeit reicht eine Akkuladung mindestens für eine Arbeitsschicht, meist deutlich länger. Mit dem Trennschleifgerät führt geschultes Personal bis zu 20 Schnitte pro Akkuladung aus. Die Akkuschraubmaschine erledigt mehr als 1000 Schraubzyklen ohne Nachladen. Die Akkuleistung des Akku-Hochdruck-Hydraulikaggregats reicht für Arbeiten an mehreren Schweißstellen. Da meist zwischen den Arbeitsschichten genügend Ladezeit bzw. Tauschakkus zur Verfügung stehen, fiel die Entscheidung auf ein mit 250 W wirtschaftliches, batterieschonendes und nachhaltiges Nachladen. Die Lebensdauer des Akkus beträgt mindestens 750 Ladezyklen, bis seine Kapazität nur noch 80 % des Ausgangswertes erreicht.

### Anwendungsbeispiele

#### E<sup>3</sup> für Robel Maschinen

E<sup>3</sup> steht für Economic – Ecologic – Ergonomic. Die blaugrüne Marke (Abb. 10) wurde von Plasser & Theurer 2015 eingeführt und kennzeichnet Großmaschinen mit elektrischen oder elektrohydraulischen Antrieben für Arbeit und

Fahrt. Nun setzt Robel als erstes der Partnerunternehmen von Plasser & Theurer ebenfalls E<sup>3</sup> für elektrisch betriebene, handgeführte Maschinen ein. Ein deutliches Kennzeichen für umweltfreundliche Antriebe, Bedienerschutz und Kostensensibilität.

#### KVB: Schieneninstandhaltung im Mischbetrieb

Die Arbeitsfahrzeuge in Köln (Abb. 8) sind als Betriebsfahrzeuge sowohl nach Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung für Anschlussbahnen (EBOA) als auch nach Straßenbahn-Bau- und Betriebsordnung (BOStrab) im Einsatz. Das Transportsystem der KVB besteht aus drei GWK, zwei Niederflurwagen, einem Anhänger mit Saug-Spül-Aggregat für U-Bahnanlagen (Pumpensümpfe, Entwässerungsrinnen, Kanalsysteme), einem Transportwagen für Schienen bis 18 m Länge und einer Schotterlore für bis zu 17 t Schotter. Zwei der GWK besitzen heckseitig einen Ladekran mit integriertem Hilfsführerstand. Insgesamt lassen sich bis zu 16 unterschiedliche Zugkombinationen bilden, um Transportaufgaben des Instandhaltungsbetriebs im urbanen Umfeld abzudecken.

SOLUTIONS YOUR WAY.

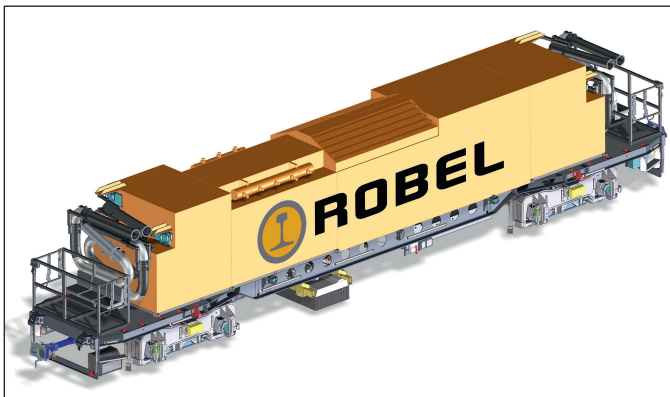
RAIL.ONE

## NÄCHSTER HALT: ZUKUNFT.

Am Anfang eines jeden Infrastrukturprojekts steht eine Vision: Menschen, Städte und Länder näher zusammenzubringen. Lassen Sie uns diese Vision gemeinsam verwirklichen: Wir unterstützen Sie mit unserem innovativen, wirtschaftlichen und umweltfreundlichen Produktportfolio, höchsten Qualitätsstandards, professioneller Beratung und zuverlässigen Ingenieurleistungen. Auf Schotter, Asphalt und Beton bietet RAIL.ONE flexible Fahrbahnsystemlösungen, die sich ideal in jede örtliche Umgebung integrieren lassen. [www.railone.de](http://www.railone.de)







**Abb. 9:** Sauber in allen Ecken: Das Reinigungssystem für die Wiener Linien wird auf einen Flachwagen montiert und verfügt über Saugbalken, Saugschläuche und Auffangcontainer.

**Elizabeth Line: Oberleitungsarbeiten, Kanalspülung und Weichenbau im Tunnel**

Auf der Londoner Elizabeth Line arbeitet ein Transportsystem aus vier GKW und zwei Transportanhängern, je nach Aufgabe werden bis zu 85 m lange Züge zusammengestellt. Für die Oberleitungs- und Anlageninstandhaltung führt der Transportwagen Kabeltrommel und Scherenhebebühne mit. Ein Passschienenwechsel erfordert neben dem bordeigenen Ladekran die Schienentransporteinrichtung und modulare Transportaufsätze auf den Anhängern. Ebenfalls transportiert werden Bahnsteigtüren, Transformatoren und Signaltechnik. Kanalspülung und Tunnelreinigung erfolgen mittels aufsetzbarem Spülaggregat mit Hochleistungspumpen. Ein weiterer Transportwagen ausgestattet mit Messtechnik dient zu Vermes-

sungen an der Infrastruktur. Der Weichenwechsel im Tunnel wird in weniger als 5,5 Stunden ohne Kraneinsatz realisiert. Der GKW führt Umsetzportale mit, die an der Baustelle mittels eines modularen Ladesystems über die Puffer abgesetzt werden. Das ferngesteuerte Umsetzsystem mit sechs über die Länge verteilten Portalen platziert die Weiche synchron und materialschonend am Einbaort.

**Wiener Linien: Systematische Tunnelreinigung**

Ab Mitte 2022 setzen die Wiener Linien für die automatische Reinigung des U-Bahn-Netzes ein neues Reinigungssystem ein (Abb. 9). Auf einem Flachwagen montiert und von einer Akkulokomotive bewegt, kombiniert das System automatisierte Flä-

chenabsaugung mittels 2,30 m breitem Saugbalken unter dem Fahrzeugrahmen und manuelle Reinigung mit Saugschläuchen an den Fahrzeugenden. Auf bis zu 20 m verlängerbar, ermöglichen sie handgeführt das gezielte Säubern auch von Nischen und Ecken außerhalb des Gleisbereichs. Das Fassungsvermögen der Auffangbehälter von 10 m<sup>3</sup> reicht für eine bis mehrere Schichten, die Entleerung erfolgt automatisch. Die Maschine arbeitet mit maximal drei Bedienern im Zweirichtungsbetrieb, Feinpartikelfilter und Schalldämpfer reduzieren Staub- und Lärmemissionen.

**QUELLEN**

- [1] Pressemitteilung Europäische Kommission, 14.07.2021, [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/IP\\_21\\_3541](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/IP_21_3541)
- [2] Pressemitteilung Allianz pro Schiene, 26.08.2021, <https://www.allianz-pro-schiene.de/presse/pressemitteilungen/vor-der-wahl-breiter-konsens-in-bahnpolitik-alle-parteien-versprechen-mehr-schiene/>
- [3] Pflingstl, A.: Urbanität in der Gleisinstandhaltung, EI 08/2017
- [4] Schnellere Instandhaltung mit System, Nahverkehrs-praxis 11/12-2018
- [5] Schmid, G.; Hechenberger, P.; Mühlbacher, C.: Mobile Instandhaltung löst neue Aufgabenstellungen im Bahnbau, EI 02/2019



**Abb. 10:** Economic, Ecologic, Ergonomic: Die blaugrüne Marke E<sup>3</sup> findet sich nun auch auf der Robel Akkufamilie sowie auf handgeführten Maschinen mit alternativen Antrieben. *Quelle: A. Uhlenhut*

**Gesellschaft für Baugeologie und -meßtechnik mbH**

**Baugrundinstitut**

Untersuchung, Planung und Beratung in den Bereichen

- Ingenieur- und Hydrogeologie
- Grundbau, Felsbau, Geomechanik
- Tunnel- und Kavernenbau
- Umwelt, Deponien
- Geotechnische Messungen

**76275 Ettlingen**  
Pforzheimer Str. 128b  
Tel. 07243 / 76 32 - 0

**85622 Feldkirchen**  
Dornacher Str. 61  
Tel. 089 / 36 03 517 - 70

[www.gbm-baugrundinstitut.de](http://www.gbm-baugrundinstitut.de)

**65549 Limburg**  
Robert-Bosch-Str. 7  
Tel. 06431 / 91 12 - 0

**67663 Kaiserslautern**  
Casimirring 71  
Tel. 0631 / 89 24 893 - 0



**Dipl.-Ing. (FH) Martin Rudholzer**  
Leiter Arbeitsfahrzeuge  
martin.rudholzer@robels.com



**Dipl.-Ing. (FH) Otto Widlroither**  
Leiter Business Unit  
Maschinen & Werkzeuge  
otto.widlroither@robels.com

Beide Autoren:  
Robel Bahnbaumaschinen GmbH,  
Freilassing

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Robel Bahnbaumaschinen GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH