



Abb. 1: Das maschinelle Reinigungssystem kombiniert automatisiertes Flächensaugen mit manueller Reinigung durch Saugschläuche.

Effiziente Gleisbett-trockenreinigung in Tunnelanlagen

Schmutz, Staub und Unrat beeinträchtigen mehr als nur die Optik von U- und S-Bahn-Strecken. Eine neue Reinigungsmaschine für die Gleisbetoberfläche schafft Abhilfe.

KORBINIAN KOCH | HANNES SCHILDBECK

Eine Aufgabe verbindet sämtliche Tunnelanlagen von U- und S-Bahnen weltweit: Gleise sind möglichst effizient und wirtschaftlich sauber zu halten. Abfallsammlung und Schmutzbeseitigung erfolgen nach wie vor meist nachts in personal- und zeitaufwendiger Handarbeit, in vielen Fällen im Vollschutzanzug und mit Atemschutz. Zu den erschwerten Arbeitsbedingungen kommt zunehmender Zeitdruck: Die für eine Reinigung des Gleisbetts zur Verfügung stehenden Betriebspausen werden immer kürzer. Die regelmäßige Beseitigung von Verschmutzungen ist deshalb eine der großen Herausforderungen für die Betreiber hochfrequentierter, städtischer Streckennetze. Standardgeräte aus der Industrie reichen nicht mehr aus, um die steigenden Anforderungen zu erfüllen. Ein möglicher Lösungsansatz ist die maschinelle Bahninfrastrukturreinigung.

Sauberes Gleis für Betriebssicherheit

Im Stationsbereich leidet nicht nur die Optik unter Zivilisationsmüll:

- Verunreinigungen durch Schmierungen oder Abrieb von Bauteilen führen zu Schäden an Fahrzeugen und Anlagen.
- Die Mischung der Substanzen kann unter Umständen leitfähige oder brennbare Reaktionen erzeugen und damit ein Gefahrenpotenzial hinsichtlich Kontaktfehlern und Brandentwicklung darstellen.
- Feinstaub aus dem Abrieb von Fahrzeugen in Tunnelsystemen und unterirdischen Bahnstationen gefährdet die Gesundheit von Fahrgästen, Bahnmitarbeitern und Gleisbauern (siehe Info-Kasten).

Speziell aus Nischen, Rücksprüngen, Aufweitungen und Notausgängen sind alle Fremdstoffe und Rückstände regelmäßig zu entfernen, ein reiner Saugbetrieb im unmittelbaren Gleisbereich erweist sich hierfür immer öfter als unzureichend. Der maschinelle Gleisbettreiniger Roclean (Abb. 1) kombiniert automatisiertes Flächensaugen mit der manuellen Reinigung durch Saugschläuche. Der Begriff Gleisbettreinigung steht hierbei für eine Säuberung der Oberfläche des Gleisbereichs, im Gegensatz zur Gleisbettreinigung bei der Vollbahn. Dort bezeichnet der Begriff eine umfassende Aufnahme, Reinigung und Neuverlegung des Gleisschotters und gegebenenfalls auch einer darunterliegenden Planumschutzschicht.

Neuer Reinigungsansatz für Wiener U-Bahn

Das erste Saugsystem wurde von Robel 2022 auf der InnoTrans in Berlin präsentiert und im Sommer 2023 an die Wiener Linien (WL) übergeben. Der Regeleinsatz ist ab der zweiten Jahreshälfte 2023 geplant und wird sich auf das gesamte Wiener U-Bahn-Netz erstrecken. Vorgabe der WL zur Beschaffung war ein effizienter, benutzer- sowie umweltfreundlicher und bestmöglich automatisierter Reinigungsvorgang. Die zu liefernde Maschine kommt in Wien sowohl auf den überwiegend im Tunnel verlaufenden Linien U1 bis U4 mit seitlicher Stromschiene und zumeist Fester Fahrbahn wie auch auf der U6 mit straßenbahnähnlichem Oberleitungsbetrieb zur Anwendung.

Gefordert ist uneingeschränkter Betrieb im Außentemperaturbereich zwischen -25°C und +45°C, bei möglicher Freiabstellung des Fahrzeugs und Inbetriebnahme bis -10°C. Weitere Vorgaben waren beispielsweise der Zweirichtungsbetrieb, der Einsatz von bis zu drei Bedienern an der Maschine und die Fernsteuerbarkeit wesentlicher Funktionen. Die WL versprechen sich von den nach Einsatz des teilautomatischen Reinigungsgeräts saubereren Gleisbereichen deutlich



Abb. 2: Insgesamt vier Kameras übertragen Livebilder von den Arbeitsbereichen an den Monitor in der Lokomotive.



Abb. 3: Während der Fahrt bewegen sich die Blasdüsen des Saugbalkens in Fahrtrichtung und bestreichen die gesamte Oberfläche. Verunreinigungen werden aufgewirbelt und vom Luftstrom der Absauganlage erfasst.

bessere Arbeitsbedingungen für das Gleisbaupersonal, bessere Aufenthaltsqualität für Fahrgäste und weniger Brandrisiko. Sinken sollen sowohl Umweltbelastungen durch Schmutz, Abfall als auch Wartungskosten für Schotterbett und Fahrzeugflotte.

Die Funktionsweise der Reinigungsmaschine

Roclean besteht im vorliegenden Einsatzfall aus einem vierachsigen Flachwagen ohne Fahrtrieb mit aufgesetzter Reinigungseinheit, zugelassen nach Betriebsordnung Straßen-

bahn (BOStrab). Die Komponenten des Saugtraktes werden dieselhydraulisch angetrieben. Ein Ventilator ist für den Saugbetrieb mit dem bodennahen Saugbalken unter dem Transportwagen vorgesehen, ein zweiter für die jeweils zwei Handsaugschläuche an beiden Enden der

Dibit Messtechnik GmbH



Modernes Tunnelscanning und -inspektion

www.dibit.at

- _ Hochgeschwindigkeitsmessung (bis 100 km/h)
- _ Erstellung hochauflösender 3D-Modelle in Echtfarben
- _ Zustandsbewertung und Schadstellenanalyse (Risse < 0,3 mm analysierbar)
- _ Exakter Vergleich unterschiedlicher Messepochen (Vergleichsanalyse, z.B. Risswachstum)
- _ Digitale Auswertungsroutinen, Planerstellung, BIM-Erzeugung und Visualisierungen in VR



Abb. 4: Das System arbeitet mit drei Bedienern für den Einsatz der Handschläuche bzw. die Fernsteuerung des Saugbalkens.

Einheit. Drei Schmutzbehälter bilden die unterschiedlichen Betriebsweisen (nur Saugbalken/nur Saugschläuche/beides parallel) ab. Die Maschine verfügt über eine autarke Energieversorgung mittels Dieselmotor. Zur Überwachung des Saugbereichs ist an jeder Front eine Farbbild-Videokamera installiert. Zwei weitere Kameras sind nahe dem Saugbalken montiert, um diesen Bereich jederzeit einsehen zu können. Die aufgenommenen Live-



Abb. 5: Am Ende der Saugschläuche befinden sich Blasluftleitung, Beleuchtung und Bedieneinheit.

bilder werden in die Lokomotive übertragen und dort auf einem Monitor wiedergegeben (Abb. 2).

Das System ist in dieser Ausführung für bis zu 40 km/h Maximalgeschwindigkeit (Überstellfahrten) zulassungsfähig. Eine Arbeitsfahrt mit bis zu 20 km/h ist bei abschließlichem Einsatz des Saugbalkens in geradlinigen Tunnelquerschnitten vorstellbar. Für ein gutes Ergebnis ist jedoch eine Arbeitsfahrt von 5 km/h, beim Einsatz der Saugschläuche maximal 2 km/h, empfehlenswert.

Weitgehend automatische Gleisoberflächenreinigung

Der Saugbalken (Abb. 3) ist unter dem Rahmen mittig am Fahrzeug montiert und im Arbeitsbetrieb eingeleist, d. h. exakt spurgeführt. Er erfasst einen bis zu 2300 mm breiten Bereich, also jeweils 1,15 m links und rechts der Gleisachse. In Transportstellung wird der Saugbalken beidseits um jeweils 150 mm auf dann nur 2000 mm Gesamtbreite eingezogen und das Aggregat angehoben. Der maximale Volumenstrom liegt bei rund 40 000 m³/h. Die Saugkraft kann exakt so eingestellt werden, dass Müll vollständig erfasst, Gleisschotter aber nicht eingesaugt wird. Die Saugöffnung befindet sich in der Regel in einer Arbeitshöhe von 70 mm über Schienenoberkante (SO), um diverse Einbauten im Gleisbereich wie Sicherheitseinrichtungen und Radlenker zu berücksichtigen. Bedarfsweise und insbesondere in Stationsbereichen lässt sich der Saugbalken hydraulisch auf minimal 15 mm über SO absenken, was die Reinigungswirkung in Kombination

mit der Drucklufteinblasung weiter steigert. Robel setzt eine Saughaube zum energieeffizienten Aufwirbeln und Absaugen ein, die weitestgehend staubfrei für die Umgebung arbeitet.

Erweiterter Arbeitsbereich durch manuelles Saugen

An beiden Fahrzeugenden befinden sich jeweils zwei Handsaugschläuche mit 200 mm Durchmesser, die manuell bedient werden. Zur Arbeiterleichterung ist ihre Führung am „Galgeng“ gewichtsentlastet, sodass sich der Bediener auf seine Tätigkeit konzentrieren kann. Er übernimmt lediglich die reine Führung des Schlauches und muss keine körperliche Kraft aufwenden, um die Saugöffnung in einer bestimmten Höhe zu halten, sie anzuheben oder abzusenken (Abb. 4).

Die oben an der Maschine fest angeschlossenen, in Transportstellung kompakt zusammengelegten Saugschläuche ermöglichen Arbeiten in einem Radius von 5 m um ihren Drehpunkt. Auf der Strecke reicht dies aus, um Laub- oder Müllansammlungen neben dem Gleis und hinter der Stromschiene aufzunehmen. Tests in Wien zeigen, dass das System auch die Aufnahme von teilgefüllten Getränkedosen und -flaschen bewältigt.

Am offenen Ende der Saugschläuche ist die Luftleitung für die Blasfunktion ebenso zu finden wie eine Beleuchtung des Arbeitsbereiches und eine Bedieneinheit (Abb. 5). Die Saugleistung ist in vier Stufen wählbar. Außerdem kann einer der zwei Schläuche gesperrt werden, wodurch im anderen noch mehr Saugkraft verfügbar wird. Aus Gründen der Arbeitssicherheit wird mit den Handsaugschläu-

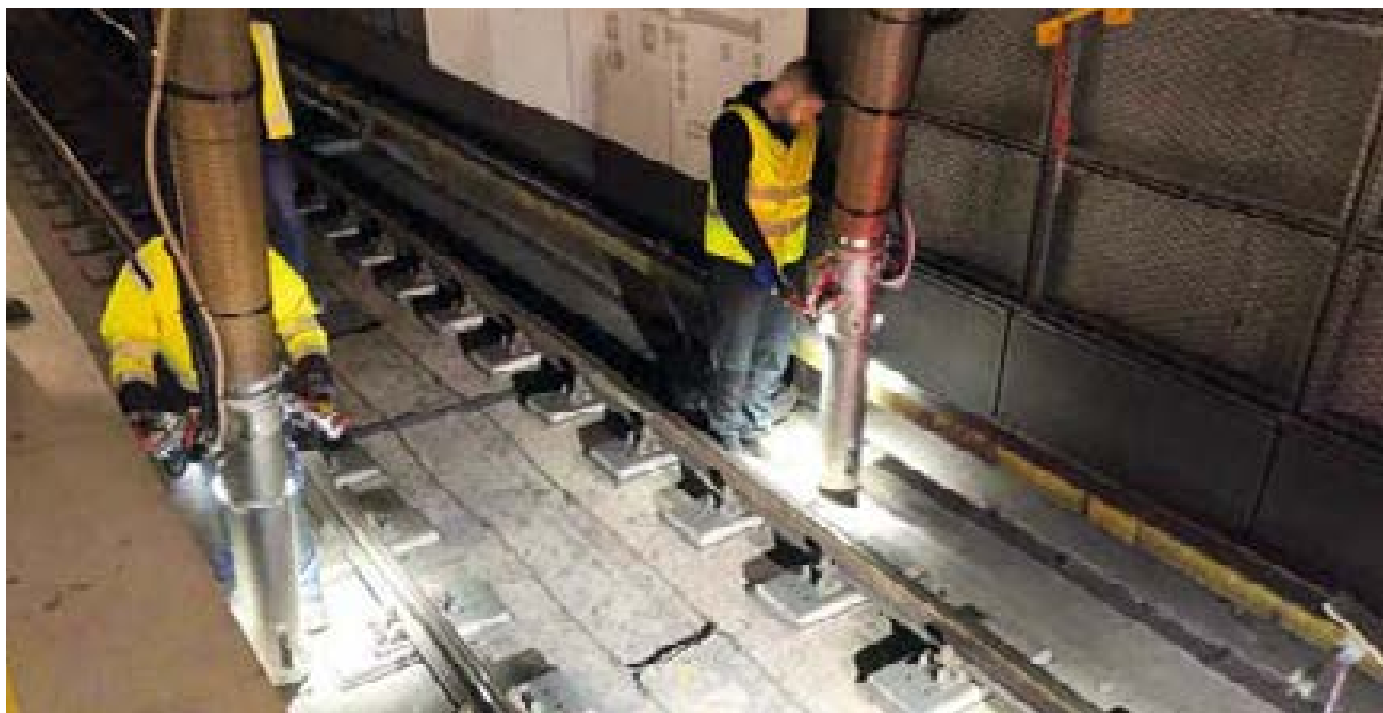


Abb. 6: Deutlich verbesserte Arbeitsbedingungen durch ergonomische Körperhaltung, lastfreie Handhabung und staubfreie Umgebung

chen ausschließlich hinter der gezogenen Maschine gearbeitet (Abb. 4).

Für einen erweiterten Saugbereich lassen sich an einen Saugschlauch in kurzer Rüstzeit eine bis drei Verlängerungen manuell ohne Werkzeug ankuppeln. Diese zusätzliche Reichweite von bis zu 20 m wird bei Arbeiten unter Bahnsteigkanten, hinter Werbeflächen, an Zugängen oder in Tunnelaufweitungen benötigt. Die jeweils 5 m langen Verlängerungsstücke werden auf der Maschine in eigenen Halterungen mitgeführt.

Die Besatzung für einen Reinigungseinsatz beläuft sich auf zwei bis vier Personen. Während beim rein maschinellen Reinigen zusätzlich zum Lokführer nur ein Bediener für den Saugbalken benötigt wird, sind beim Betrieb der Handsaugschläuche mindestens ein Bediener und ein Supervisor (Überwachung und Lokführerkommunikation) notwendig. Der Supervisor kann bei Überstell- und Rangierfahrten zugleich die Funktion des Lotsen übernehmen.

Erhöhte Ergonomie und verbesserter Gesundheitsschutz

Die Arbeitsbedingungen der eingesetzten Bediener sind ungleich besser als bei jedem manuellen Verfahren. Die gebückte Körperhaltung beim Aufnehmen von Fremdkörpern entfällt (Abb. 6), ebenso das belastende Tragen von Handsaugern oder Saugrucksäcken. Eine essenzielle Entlastung bringt die nahezu vollständige Aufnahme und Filterung der Saugluft, da keine belastenden Mengen an Staub im Arbeitsbereich aufgewirbelt werden bzw. in die Atemwege gelangen. Die eingesetzte Filtertechnik erzielt eine Luftreinigungsqualität der Staubklasse M gemäß EN 60335-2-69. Das

bedeutet, dass selbst feinste Partikel mit einer Größe von 1 µm zu mindestens 99,9 % aus der angesaugten Luft abgeschieden werden. Damit übertrifft das System die derzeit in Bezug auf Luftreinhaltung und Gefährdung von Personen im Straßenbereich geltenden Normen. Die Maschine ist zudem wirksam schallgedämmt.

Schnelles und effektives Reinigen

Bei Arbeitsfahrt in den zu säubernden Streckenabschnitten ist der Saugbalken des geschleppten oder geschobenen Reinigungssystems aktiv. Im Schiebetrieb hält sich ein Lotse in dem vorderen der dafür an beiden Fahrzeugenden

vorgesehenen Ständen auf. Je nach Bedarf sind einer oder zwei handgeführte Saugschläuche hinter der geschleppten Maschine im Gleis oder in den Seitenbereichen im Einsatz. Bei Verwendung von Saugschlauchverlängerungen wird aus naheliegenden Gründen nur im Stillstand der Einheit gearbeitet.

Selbst bei langsamer Arbeitsfahrt ist die maschinelle Reinigung ungleich schneller als jede aufsammelnde Reinigung von Hand. Der Saugvorgang ist erheblich effektiver, denn er erfasst auch kleine und kleinste Fremdkörper, dazu Staub und anderen Schmutz, der sich von Hand gar nicht aufnehmen ließe (Abb. 7). Der Saug-



Abb. 7: Der Saugvorgang erfasst sämtliche Verunreinigungen von kleinsten Fremdkörpern über Staub und Papier bis hin zu teilgefüllten Behältern.



Abb. 8: Zwischen den Einsätzen sind die Schläuche und Verlängerungen in Halterungen gesichert, Bediener und Lotse nutzen die Klappsitze.

balken ist mit seinem großen Volumenstrom im gesamten Einzugsbereich wirksamer als einzelne Handsauger. In eingeschotterten Bereichen bewegt der zusätzliche Druckluftstrom die Schottersteine minimal, sodass sich auch unter ihnen liegende, verklumpte oder verklemmte Stoffe erst aufwirbeln und dann aufnehmen las-

sen. Dabei wird der Schotter in seiner Lage nicht verändert.

Trockenreinigung und ihre Vorteile

Verschmutzungen und Fremdstoffe werden bei der Trockenreinigung allein durch den Luftstrom gelöst und aufgenommen.

Entsprechend sind auch nur Trockenfilter erforderlich und verbaut. Das bringt in mehrfacher Hinsicht Vorteile gegenüber einer Nassreinigung. In erster Linie muss kein Schmutzwasser aufwendig aufbereitet und entsorgt werden. Trockene Luft lässt sich leichter filtern, trockene Feststoffe einfacher abscheiden. Es drohen weder Korrosion noch Keim- oder Schimmelbildung. Beim Auffangbehälter entfällt der entsprechende Mess- und Prüfaufwand. Eine Brandmelde- und -bekämpfungsanlage ist vorhanden. Angesichts des geforderten uneingeschränkten Einsatzes auch bei Außentemperaturen von bis zu -25°C wären Wasserbehälter für die Nassreinigung zusätzlich zu heizen, ein Energieaufwand, der bei der Trockenreinigung entfällt.

Zwischen den Arbeitseinsätzen

Während die Arbeitsfahrt betont langsam erfolgt, ist die Einheit zu Überführungen mit bis zu 40 km/h unterwegs und kann damit während der Betriebszeit auch zwischen Kurszügen überstellt werden, ohne diese zu behindern. Zwischen zwei Reinigungseinsätzen wird die aufgerüstete Maschine mit maximal 25 km/h bewegt, der Saugbalken ist dabei in Transportstellung angehoben. Die betriebsbereiten Handsaugschläuche sind in Halterungen vor der Pufferbrüst gesichert, die zwei Bediener können wie der Lotse die Klappsitze an der Roclean-Stirnseite nutzen (Abb. 8 rechts). Bei der schnelleren Überstellfahrt halten sich Bediener und Lotse im Zugfahrzeug auf, die Saugschläuche werden zuvor zusammengelegt und eingeklappt.

Nach Ende des Arbeitseinsatzes oder bei sonstigen Verschmutzungen kann die Maschine mit Bordmitteln gesäubert werden. Je Seite ist ein Hochdruckreiniger an Bord. Er ist auch dafür vorgesehen, bei Bedarf nach einer Entleerung die Sauggutbehälter zu reinigen. Diese werden bei angemessener Füllung durch einfaches hydraulisches Abkippen zu einer Fahrzeugseite in einen Container geleert (Abb. 9). Wie alle wesentlichen Funktionen der Maschine ist auch diese fernsteuerbar.

Im Rahmen der Erprobungen am Einsatzort wurden die Grenzen des Fassungsvermögens von 11 m^3 bei weitem nicht erreicht. Zur Füllstandskontrolle sind am Sauggutbehälter Kontrollklappen angebracht: Die Probeinsätze zeigten maximal eine Drittfüllung nach einer vierstündigen Arbeitsschicht.

Effizient, wirtschaftlich, alternativlos

Der Einsatz der Gleisbett-Reinigungsmaschine in urbanen Tunnelanlagen führt auf nachhaltige und ökonomische Weise zu einem sauberen Ergebnis. Die Meterleistung pro Schicht ist höher als bei reiner Handarbeit, das Reinigungsergebnis ungleich besser, der Einsatz höchst effizient. Das System ist für die speziellen Anforderungen in U- und S-Bahn-Netzen,



Abb. 9: Die Entleerung der Schmutzbehälter erfolgt durch hydraulisches Abkippen in einen Container.

i

Reizthema Feinstaub [2]

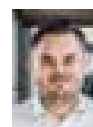
Im Straßennetz von Ballungs- und Industriegebieten wird der EU-Tagesmittelgrenzwert für Feinstaubbelastung für PM10 von 50 µg/m³ nach wie vor überschritten; die Folge sind Forderungen nach Kfz-Fahrverboten und einer Stärkung des öffentlichen Nahverkehrs. Weniger bekannt ist, dass die Feinstaubbelastung am Gleis, und hier vor allem in unterirdischen Bahnhöfen und in Tunneln, aufgrund von aufgewirbeltem Staub und Abrieb oft wesentlich höher ist als auf der Straße. Bereits 2015 kam gemäß [3] die französische Gesundheitsbehörde ANSES in einer Studie zum Ergebnis, dass „Menschen in U-Bahnen chronisch alarmierenden Belastungen ausgesetzt“ sind. Die Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) geben nach Messungen im Mai 2017 nur an, die in Tunneln geltenden Grenzwerte für Arbeitsplätze von 1250 µg/m³ Luft und Tag einzuhalten: Lokführer, Kontrolleure und Bauarbeiter atmen also 25 Mal mehr Feinstaub ein als auf der Straße erlaubt [3].

QUELLEN

- [1] Nahverkehrsnachrichten Nr. 35/2021, Themenseite Wartung, Reinigung, Hygiene
 [2] Pfingstl, A.; Eisele, P.: Neue Wege der Bahninfrastruktureinigung, Nahverkehrspraxis 1/2020, Grenzwert: Website BMUV, 12.07.2023, 9:00 Uhr: <https://www.bmu.de/themen/gesundheitschemikalien/gesundheitsluftreinhaltung/feinstaub>
 [3] www.zeit.de/mobilitaet/2019-04/u-bahnen-feinstaub-luft-lokfuhrer-frankreich-grenzwerte, 12.07.2023, 8:40 Uhr

**Korbinian Koch**

Mechanische Konstruktion
 Systeme & Fahrzeuge
 Robel Bahnbaumaschinen GmbH,
 Freilassing
korbinian.koch@robel.com

**Hannes Schildbeck**

Verkaufsgebietsleiter
 Systeme & Fahrzeuge
 Robel Bahnbaumaschinen GmbH,
 Freilassing
hannes.schildbeck@robel.com

die dortige Streckenumgebung und auch die dort herrschenden Temperaturen gerüstet. Der konstruktiv erreichte, hohe Grad an Ergonomie wird sich auf Gesundheit und Motivation und somit auch auf das Arbeitsergebnis der Mitarbeiter positiv auswirken. Das ist finanziell ebenso wenig exakt zu fassen wie der Zugewinn an Sicherheit durch sau-

bere Anlagen. Stolperfallen und kleine Betriebsstörungen durch Schmutz und Fremdkörper lassen sich vermeiden, erheblichen Zwischenfällen infolge von Bränden oder elektrischen Problemen wird wirksam vorgebeugt: gute Argumente für eine maschinelle Trockenreinigung des Gleisbetts und seiner Randbereiche. ■

Internationales Forum für Tunnel und Infrastruktur

STUVA-Tagung 2023

8.–10. November 2023 · Messe München

Nutzen Sie die Möglichkeit, sich auf dem „Familientreffen der Tunnelbranche“ zielgenau über neueste Entwicklungen zu informieren und sich mit Kollegen aus aller Welt auszutauschen. **Besuchen Sie die STUVA-Tagung vom 8.–10. November 2023 in München!**

- Mehr als 3.800 Fachleute aus über 20 Nationen
- Weltweit führender Branchentreff für das unterirdische Bauen und Betreiben
- Fachausstellung auf 8.000 m² mit mehr als 200 Ausstellern aus dem In- und Ausland

Jetzt zur STUVA-Tagung 2023 anmelden!

Separates Segment
 Tunnelbetrieb/Planung!



www.stuva-tagung.de
www.stuva-expo.de

STUVA e.V.
 Mathias-Brüggen-Str. 41, D-50827 Köln
 Tel. +49 (221) 5 97 95-0, Fax +49 (221) 5 97 95-50
 E-Mail: team@stuva-conference.com

STUVA