



ÖSTERREICHISCHE
FORSCHUNGSGESELLSCHAFT
STRASSE • SCHIENE • VERKEHR



FSV-aktuell STRASSE August 2025

Mitteilungen der Österreichischen Forschungsgesellschaft
Straße • Schiene • Verkehr

Editorial

Sehr geehrte Leserin,
sehr geehrter Leser!

Seit 2006, also beinahe 20 Jahren, wurde das Eisenbahnwesen als neues Betätigungsfeld in die FSV aufgenommen. Seitdem sind etliche Personen im Umfeld von Eisenbahnunternehmen auch Mitglieder in der FSV geworden. Gleichzeitig wurde neben der bekannten RVS (Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen) parallel die RVE (Richtlinien und Vorschriften für das Eisenbahnwesen) gegründet.

Und es zeigt sich oft, dass es Querschnittsmaterien zwischen Straße und Schiene gibt, bzw. bei manchen Problemstellungen Synergien in der Lösungsfindung entstehen. In manchen Themenfeldern bspw. dem Lärmschutz vor dem Verkehrslärm hat die Eisenbahn größere Betätigungsfelder. Es ist schon ein Unterschied, ob eine Eisenbahn mit mehr als 200 km/h oder „nur“ ein Lkw mit möglichen 80–100 km/h vorbeifährt. Sowohl die Lärmentwicklung bei schnelleren Geschwindigkeiten als auch die Luftdruck- und Luftsohwirkung auf die Bauwer-

ke erzeugen bei der Bahn das Erfordernis die Qualität der Produkte zu heben, vor allem um langlebige Lösungen (zumindest 30 Jahre) zur Verfügung zu haben.

Falls Sie mehr über das Eisenbahnwesen in der FSV wissen wollen, bitten wir Sie uns zu kontaktieren oder auf unsere Homepage www.fsv.at nachzublättern.

*DDipl.-Ing. Ehrenfried Lepuschitz
Technischer Referent für Veröffentlichungen*

Bericht aus den Arbeitsgruppen

Entwässerung von ländlichen Straßen und Güterwegen

Im vorliegenden Beitrag wird die Richtlinienarbeit betreffend die Entwässerung des Oberbaus aus technischer und funktioneller Sicht im Hinblick auf die Erarbeitung eines Regelwerkes im Rahmen der Österreichischen Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr (FSV) behandelt. Bereits im Zuge der Erstellung von Straßen- und Wegebauaufträgen ist entsprechendes Augenmerk auf Gestaltung und zukünftige Funktion der geplanten und in weiterer Folge realisierten Entwässerungseinrichtungen zu legen. Das Bestreben der Straßenverwalter (in den allermeisten Fällen auch gleichzeitig der Straßenerhalter) ist die Gewährleistung einer sicheren Benutzung der Weganlage bei gleichzeitig möglichst niedrigen Betriebs- und Erhaltungskosten.

Die ordnungsgemäße und funktionsfähige Entwässerung ist aus technischer Sicht Voraussetzung für die Sicherstellung der Tragfähigkeitsanforderungen an die Straßen- und Weganlage. Ohne funktionierende Entwässerung werden die erforderlichen Mindesttrag-

fähigkeitsanforderungen im Jahresverlauf nicht erreicht. In weiterer Folge ist die fachgerechte und dauerhaft funktionsfähige Entwässerungseinrichtung somit jedenfalls auch Voraussetzung für das Erreichen der gewünschten Dimensionierungslebensdauer. In Abhängigkeit von der zu erwartenden Verkehrsbelastung werden auf der Grundlage der vorhandenen Mindesttragfähigkeit auf dem Unterbauplanum bzw. auf einem Bestandsplanum, Festlegungen für die erforderlichen Dicken der einzelnen Schichten

des Oberbaus getroffen (Oberbaustandard gemäß RVS 03.03.81). Diese Festlegungen gelten nur für jene Fälle, in denen neben den Materialeigenschaften auch eine funktionierende Entwässerung die Erreichung der Mindestwerte dauerhaft gewährleistet.

Der Aufbau von ländlichen Straßen und Wegen ist in Untergrund, Unterbau und Oberbau gegliedert und wird am Beispiel eines Spurweges in Bild 2 dargestellt. Der Unterbau umfasst bei Straßen in Dammlage die eigentliche Dammschüttung und im Grenzbereich zum Oberbau den sogenannten verbesserten Unterbau. Der Oberbau von ländlichen Straßen und Wegen umfasst die ungebundene Tragschicht (Frostschutzschicht) und die gebundene Decke, welche zumeist als Tragdeckschicht ausgeführt wird (i. d. R. Asphalt, Beton, Oberflächenbehandlung, Pflaster).

Die Schichten des Oberbaus haben die Funktion, die an der Oberfläche einwirkenden Lasten und Kräfte senkrecht auf Unterbau und Untergrund so abzuleiten, dass keine schädlichen Verformungen bzw. Zerstörungen auftreten. Mit höherem Wassergehalt in den ungebundenen



Bild 1: Spurweg



WHR Dipl.-Ing. Dr.
Wolfgang Haslehner

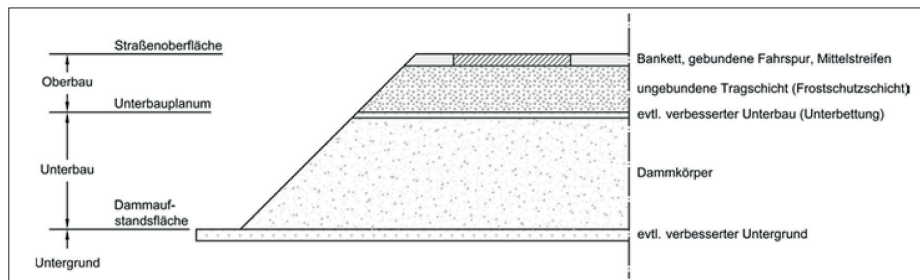


Bild 2: Aufbau eines Spurweges (gemäß RVS 03.03.82 „Spurwege“)

Oberbauschichten bzw. Unterbau und Untergrund ist jedenfalls eine verringerte Tragfähigkeit des Gesamtsystems gegeben, verbunden mit dem Entstehen von zugehörigen Schadensbildern (Verformungen, Einzelrisse, Netzrisse, Schlaglöcher ...).

Der Bedeutung der gesamten Entwässerungsthematik im ländlichen Straßenwesen Rechnung tragend, beschäftigt sich im Rahmen der Österreichischen Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr der Arbeitsausschuss „Ländliche Straßen und Wege“ erstmals mit der Bearbeitung einer „Entwässerungsrichtlinie“ für ländliche Straßen und Güterwege. Als Grundlage für diese Richtlinie wurde mit Unterstützung der Forschungsgesellschaft eine Masterarbeit am Institut für Verkehrswesen an der Universi-

tät für Bodenkultur Wien vergeben. Ziel dieser Masterarbeit war, die in Österreich im ländlichen Straßenbau in der Praxis angewendeten Entwässerungssysteme zu erheben, Ausführungsgrenzwerte zu dokumentieren und allgemeine Grundsätze abzuleiten. In die Erhebung wurden alle österreichischen Bundesländer und deren Dienststellen im Bereich des ländlichen Straßenbaus einbezogen. Die Erhebung wurde strukturiert anhand eines Gesprächsleitfadens durchgeführt, wobei der wesentliche Vorteil gegenüber der Fragebogen – Versandmethode in der unmittelbaren Diskussion und Erläuterung der Erkenntnisse bestand. Die dokumentierten Ergebnisse dieser Praxiserhebung bildeten in weiterer Folge den Ausgangspunkt für die Richtlinienarbeit des Arbeitsausschusses Ländliche Straßen und Wege.

Der derzeitige Entwurfsstand der RVS 03.03.83 „Entwässerung von ländlichen Straßen und Güterwegen“ ist folgendermaßen gegliedert:

- Oberflächenentwässerung – Querentwässerung: Quereinigung, Durchlass, Furt, Auslaufabsicherung, Querrinnen (Rigol, Rinnen, Mulden), Bankette
- Oberflächenentwässerung – Längsentwässerung: Asphaltmulde, Asphaltwulst, Spitzgraben, Mulden und Gräben (Rasen und Erdmulde, Pflastermulde, Gräben)
- Oberbauentwässerung: Drainagerohre, Rohrbettung und Verfüllung (Quersickerung, Vollrohr)
- Schächte: Einlauf- bzw. Kontrollschächte, Anschlussschächte, Sicherung
- Transportleitungen
- Erhaltung

Der Arbeitsausschuss „Ländliche Straßen und Güterwege“ in der Österreichischen Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr (FSV) umfasst Vertreter aus allen Bundesländern. Die Fertigstellung und Veröffentlichung der gegenständlichen Richtlinie RVS 03.03.83 ist nach Begutachtung und Versand zur Stellungnahme an sämtliche Arbeitsausschüsse der FSV, für das 2. Halbjahr 2025 vorgesehen.

WHR Dipl.-Ing. Dr. Wolfgang Haslehner



Bild 3: links: Auslaufabsicherung mit Steinschichtung; Mitte: Asphaltmulde, rechts: Querrinne bei ungebundener Befestigung

Einreichung zum FSV-Preis

Folgend wird eine der eingereichten Diplomarbeit vom FSV-Preis 2024 präsentiert:

Synthese von dynamischen Wegketten auf Basis statischer OD-Matrizen

Eine der größten verkehrspolitischen Herausforderungen der Gegenwart ist die Reduktion verkehrsbedingter Emissionen. Innerhalb der EU-27 ist der Verkehrssektor der letzte verbliebene Sektor mit steigenden CO₂-Emissionen gegenüber dem Referenzjahr 1990 (European Environment Agency, 2019). Für das Erreichen der europäischen Klimaziele ist ein Wandel hin zu emissionsarmen Verkehrsmitteln daher essenziell. Die dazu diskutierten Maßnahmen unter-

scheiden sich stark hinsichtlich Aufwand und Wirksamkeit. Um belastbare Kosten-Nutzen-Rechnungen anzustellen, bedarf es daher einer quantitativen Evaluierung der zur Verfügung stehenden Optionen. Dazu benötigen VerkehrsplanerInnen zuverlässige und vor allem maßnahmensensitive Verkehrsmodelle.

Die in den vergangenen Jahrzehnten überwiegend verwendeten Vier-Stufen-Verkehrsmodelle (VSM) stoßen in Hinblick auf die sich aus der

Verkehrswende ableitenden Herausforderungen an ihre Grenzen. Sie beruhen auf der räumlichen und zeitlichen Aggregation von Wegen und können kleinteilige und multimodale Mobilität nur begrenzt abbilden. Da diese Mobili-



Dipl.-Ing. Franz-Xaver Rupprecht

tätsformen für das Gelingen der Verkehrswende allerdings von besonderer Wichtigkeit sind, sind alternative Modellierungsansätze nötig.

Agentenbasierte Verkehrsmodelle (ABM) bieten einige Vorteile gegenüber dem Vier-Stufen-Modell. In ABM werden VerkehrsteilnehmerInnen durch Agenten repräsentiert, deren Gesamtheit (Population) die soziodemografische und sozioökonomische Realität des Untersuchungsgebiets widerspiegelt. Die Verkehrsnachfrage eines Agenten wird durch einen Tagesplan repräsentiert, der definiert, an welchen Orten und zu welchen Zeiten der Agent plant, Aktivitäten durchzuführen. Diese Pläne werden im Zuge der Simulation umgesetzt und immer wieder leicht optimiert, bis sich ein Nutzergleichgewicht einstellt. In einem solchen Modell sind die verkehrsrelevanten Eigenschaften aller Agenten während der gesamten Simulation verfügbar und können zum Simulieren von menschlichen Entscheidungen, wie der Verkehrsmittelwahl, herangezogen werden. Es gelingt eine räumlich und zeitlich hochaufgelöste und vor allem maßnahmensensitive Modellierung des Verkehrssystems.

Ein wichtiger Schritt bei der Erstellung von ABM ist die Synthese der angesprochenen Tagespläne der Agentenpopulation. Mit dieser Aufgabe befasst sich die hier präsentierte Arbeit. Sie entstand an der Technischen Universität Wien in Zusammenarbeit mit der Universität für Bodenkultur. Dabei wurden OD-Matrizen eines bestehenden VSM mithilfe des Metropolis-Hastings-Algorithmus zu unabhängigen und unterscheidbaren Wegeketten disaggregiert (Hastings, 1970). Die bereits im VSM enthaltene Gruppierung der Nachfrage in verhaltenshomogenen Bevölkerungsgruppen wurde übernommen und um eine plausible Zeitstruktur erweitert. Die erhaltenen Wegeketten dienen als Tagespläne für eine bestehende Agentenpopulation. Dabei umfasst jeder Plan eine Liste von Abfahrtsorten und den zugehörigen Abfahrtszeiten.

Beim verwendeten Metropolis-Hastings-Algorithmus handelt es sich um ein Markov-Chain-Monte-Carlo-Verfahren dessen hier verwendete Implementierung im Zuge jeder Iteration eine Liste von mehreren Zehntausend Tagesplänen (Sample) erzeugt. Jedes Sample wird auf Basis verschiedener Statistiken gewichtet und je nach Höhe des Gewichts als gültiger nächster Schritt der Markov-Kette akzeptiert oder abgelehnt. Die verwendeten Statistiken können verschiedenster Art sein, zum Beispiel der Grad der Übereinstimmung der Wegeketten mit einer OD-Matrix oder der Verteilung von Wohnorten verschiedener Bevölkerungsgruppen über das Untersuchungsgebiet. Je höher die Übereinstimmung eines zufälligen Samples mit den Input-Daten, desto größer sein Gewicht und desto größer die Wahrscheinlichkeit, dass es als nächster Schritt der Markov-Kette akzeptiert wird. Sobald ein Sample akzeptiert wurde, schreitet der Algorithmus zur nächsten Iteration, in der das vorherige Sample leicht abge-

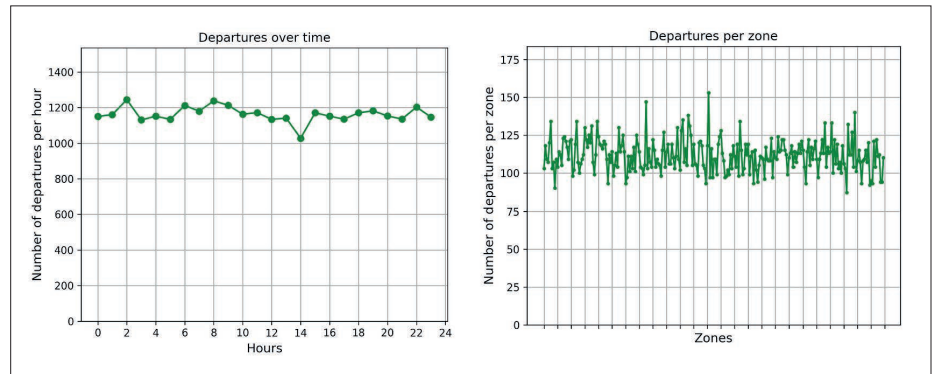


Bild 1: Räumliche (rechts) und zeitliche (links) Gleichverteilung des synthetischen Verkehrsgeschehens

ändert und erneut evaluiert wird. Nach vielen Hunderttausend Iterationen erreicht der Algorithmus jenen Bereich innerhalb des Ergebnisraums, der (basierend auf den Input-Daten) verhaltensspezifisch sinnvolle Ergebnisse liefert. Ein zentrales Element in diesem Prozess ist die Definition von Fehlerfunktionen, mit Hilfe derer die Gewichtung eines Samples erfolgt. Sie quantifizieren die Abweichung zwischen den synthetischen Wegeketten und den durch die Input-Daten definierten Zielwerten und liefern die Grundlage für die Berechnung der Akzeptanzwahrscheinlichkeit eines Samples.

Die beschriebene Methode wurde im Zuge dieser Arbeit auf die Stadt Wien angewendet. Das Modell umfasst 250 Zonen innerhalb des Stadtgebiets und eine stundengenaue zeitliche Auflösung. Die Modellierung erfolgte in vier Schritten, die im Folgenden erläutert werden.

Schritt 1: Modellierung physikalisch plausibler Wegeketten

Der erste Modellierungsschritt fokussiert sich auf die physikalische Plausibilität von Wegeketten. Die chronologische Abfolge von Abfahrtszeiten und die Realisierbarkeit eines Tagesplans innerhalb von 24 h wird erzwungen. Zusätzlich wird sichergestellt, dass die durchschnittliche Wegekettenlänge erfüllt wird (2,9 Wege pro Person pro Tag entnommen aus Österreich Unterwegs; Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2016). Da abgesehen davon keine verhaltensspezifischen Informatio-

nen reproduziert werden, zeigt Bild 1 ein räumlich und zeitlich gleichverteiltes, weil uninformatives synthetisches Verkehrsgeschehen.

Schritt 2: Reproduktion von OD-Matrizen

Im zweiten Schritt der Modellbildung wurde eine Fehlerfunktion hinzugefügt, die die Reproduktion der aus einer Version des PTV-Visum Modells des Verkehrsverbund Ost-Region (VOR) entnommenen OD-Matrizen, sicherstellt (PTV Planung Transport Verkehr GmbH, 2022; Verkehrsverbund Ost-Region (VOR) GmbH, 2024). Dazu werden alle Quell-Ziel-Beziehungen eines Samples in eine Sample-OD-Matrix eingetragen und mit der Input-OD-Matrix (Target) verglichen. Je besser die Übereinstimmung zwischen Sample und Target ausfällt, desto höher die Akzeptanzwahrscheinlichkeit des Samples. In Bild 2 wird jede in der OD-Matrix vorhandene Quell-Ziel-Beziehung durch einen Datenpunkt repräsentiert. Der X-Wert gibt an, welche Anzahl von Wegen pro Tag dieser Beziehung in der Input-OD-Matrix zugeordnet ist. Der Y-Wert gibt an, welche Anzahl von Wegen pro Tag dieser Beziehung in der Sample-OD-Matrix zugeordnet ist. Die diagonale Anordnung der Datenpunkte belegt nahezu perfekte Proportionalität zwischen Sample und Target.

Schritt 3: Reproduktion von Wohn- und Arbeitsorten

Im darauffolgenden Schritt werden die Wegeketten fünf verschiedenen verhaltenshomogenen Bevölkerungsgruppen zugeteilt. Basierend auf den aus dem VOR-Modell entnommenen Strukturdaten wird für jede Zone des Modells die Anzahl der Wohnorte pro Bevölkerungsgruppe definiert. Eine weitere Fehlerfunktion stellt sicher, dass diese Information korrekt reproduziert wird. Die Reproduktion der räumlichen Verteilung von Arbeitsplätzen folgt demselben Prinzip. Bild 3 zeigt die Reproduktionsqualität der räumlichen Verteilung von Wohnorten der Bevölkerungsgruppe 6 und der Arbeitsplätze der Bevölkerungsgruppe 8. Die diagonale Anordnung der Datenpunkte belegt erneut exakte Reproduktion der Input-Daten. Die übrigen Bevölkerungsgruppen erreichen das gleiche Qualitätsniveau.

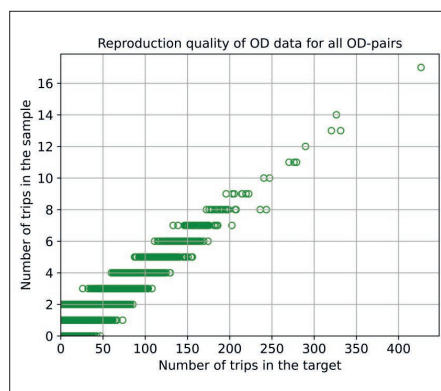


Bild 2: Reproduktionsqualität der OD-Matrix

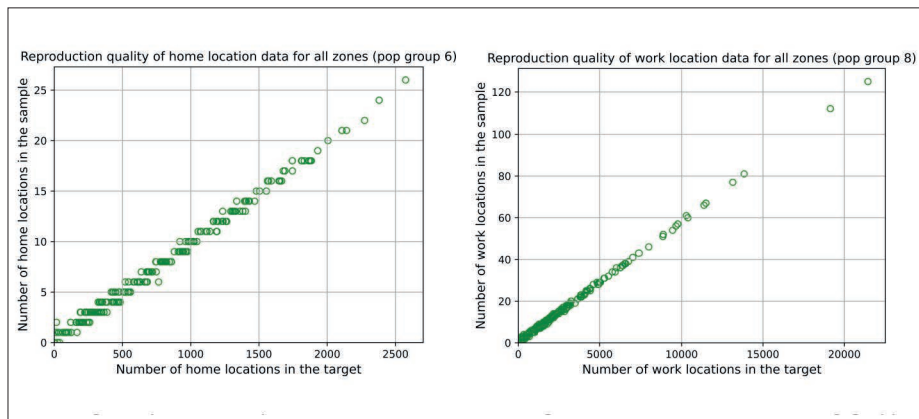


Bild 3: Reproduktionsqualität der räumlichen Verteilung von Wohnorten der Bevölkerungsgruppe 6 und von Arbeitsplätzen der Bevölkerungsgruppe 8

Schritt 4: Ergänzen einer plausiblen Zeitstruktur

Im letzten Modellbildungsschritt wurde die Zeitstruktur des synthetischen Verkehrsgeschehens der aus Österreich Unterwegs abgeleiteten Zeitstruktur des Wiener Verkehrsgeschehens angeglichen (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2016). Wie bei allen bisherigen Targets wurde die korrekte Reproduktion durch das Hinzufügen einer zusätzlichen Fehlerfunktion sichergestellt.

Bild 4 zeigt die daraus resultierende Zeitstruktur des synthetischen Verkehrsgeschehens (vgl. gleichverteilte, weil uninformierte Zeitstruktur in Bild 1).

Beim Betrachten der Ergebnisse wird die gute Eignung der Methode zur Transformation von Verkehrsnachfragedaten ersichtlich. Es ist gelungen, gut kalibrierte und mit viel Aufwand generierte statische OD-Matrizen eines bestehenden VSM in ein Format zu überführen, das für dynamische und agentenbasierte Simulationen nutzbar ist.

Die präsentierte Fallstudie umfasst bisher lediglich das Erzeugen einer synthetischen Verkehrsnachfrage. Das Erzeugen einer synthetischen Population, die die sozioökonomische und soziodemografische Realität widerspie-

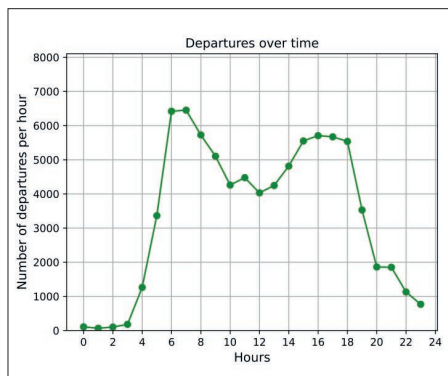


Bild 4: Tagesganglinie des Verkehrsverhaltens der synthetischen Agentenpopulation

gelt, ist, obwohl möglich, bisher nicht enthalten. Die sehr guten Ergebnisse lassen die Weiterentwicklung der Methode in dieser Richtung als sinnvolles Ziel zukünftiger Forschungsarbeit erscheinen.

Die größte Schwäche der Methode ist die lange Laufzeit des Programms. Die hier gezeigten Ergebnisse resultieren aus einem Prozess mit mehreren Tagen Rechendauer. Allerdings zeigen andere Forschungsarbeiten eindrücklich, dass trotz des sequenziellen Charakters des Metropolis-Hastings-Algorithmus eine Beschleunigung von mehreren Größenordnungen möglich ist (Austad, 2007; Calderhead, 2014). Eine Implementierung der dabei verwendeten Methoden erscheint daher ein vielversprechender nächster Schritt zu sein.

Dipl.-Ing. Franz-Xaver Rupprecht

Literaturverzeichnis

Austad, H. M. (2007). Parallel Multiple Proposal MCMC Algorithms.

Calderhead, B. (2014). A general construction for parallelizing Metropolis Hastings algorithms. Proceedings of the National Academy of Sciences, 111(49), 1740817408–17413. <https://doi.org/10.1073/pnas.1408184111>.

European Environment Agency. (2019, March 22). CO₂ emissions from cars: Facts and figures (infographics). Topics | European Parliament. <https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20190313STO31218/co2-emissions-from-cars-facts-and-figures-infographics>

Hastings, W. K. (1970). Monte Carlo sampling methods using Markov chains and their applications. Biometrika, 57(1), 97–109. <https://doi.org/10.1093/biomet/57.1.97>

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. (2016). Österreich unterwegs 2013/2014.

PTV Planung Transport Verkehr GmbH. (2022). PTV Visum 2022 — Manual.

Verkehrsverbund Ost-Region (VOR) GmbH. (2024). Verkehrsverbund Ost-Region. Verkehrsverbund Ost-Region. <https://www.vor.at/en/>

Kommende Veranstaltungen und Seminare

FSV-Tagung

Bundeskongress kommunale Verkehrssicherheit
20.10.2025
Renaissance Wien Hotel, 1150 Wien

FSV-Preis

20.11.2025
RIVERBOX, 1020 Wien

FSV-Schulung

Betriebspersonal von Straßentunneln
10.11.2025
FSV, 1040 Wien

FSV-Seminare

Kommunale Straßen
Block A: 13.–16.10.2025
Block B: 3.–6.11.2025
FSV, 1040 Wien und Web

Nähere Informationen zu diesen und weiteren Veranstaltungen und eine Online-Anmelde-möglichkeit finden Sie auf unserer Homepage www.fsv.at.

In der nächsten Ausgabe ...

... erwartet Sie Aktuelles aus dem technischen Verdichtungswesen der FSV.

FSV-aktuell Straße:

„Österreich-Teil“ und offizielles Organ des Bereichs Straße der Österreichischen Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr (FSV)

FSV-Geschäftsstelle:

A-1040 Wien, Karlsgasse 5
Tel.: +43 1 58 55 567
Fax: +43 1 58 55 567-99
E-Mail: office@fsv.at
<http://www.fsv.at>

Schriftleitung:

DI (FH) DI Ehrenfried Lepuschitz
(Kommentare, Anregungen, Beitragsideen usw. erwünscht!)

Weitere Informationen und Bestellmöglichkeit der Publikationen der FSV auf www.fsv.at.

Bei Bestellungen im EU-Raum bitte Ihre UID bekannt geben (in Deutschland = DE + 9 Ziffern).

Abonnementpreis

der Zeitschriften
Straßenverkehrstechnik sowie
Straße und Autobahn
für FSV-Mitglieder ermäßigt!