



FSV-aktuell STRASSE August 2022

Mitteilungen der Österreichischen Forschungsgesellschaft
Straße • Schiene • Verkehr

Editorial

Sehr geehrte Leserin,
sehr geehrter Leser!

Dank dem Abschwelen der Pandemie ist es heuer wieder möglich einen „normaleren“ Sommer als in den vergangenen zwei Jahren zu erleben. Ich hoffe, Sie haben die Möglichkeit einen Urlaub für den erforderlichen Ausgleich zum täglichen Stress in der Arbeit zu genießen.

Wenn gleich, unser Büro ist über die Sommermonate immer besetzt, und unsere Räumlichkeiten können für die Bearbeitung von neuen

oder zu überarbeitenden Richtlinien laufend genutzt werden.

Die FSV ist mittlerweile auch bekannt, viele hochwertige Schulungen und Seminare zur Verbreitung des Wissens über den Stand der Technik abzuhalten. Der Herbst ist tendenziell die beste Zeit, um sich mit neuem Wissen an die Arbeit zu machen. Jede der Richtlinien der FSV repräsentiert den Stand der Technik und kann aber nur dann gut eingesetzt werden, wenn das Personal in Unternehmen und Dienststellen die praxisnahe Anwendung der Richtlinien versteht. Die Expertinnen und Experten, die in den Arbeitsausschüssen Richtlinien erarbeiten stehen parat, den Nutzen und die enthaltenen Prozesse zu erklären.

Schwerpunkte bei den Schulungen im Herbst bilden das einwöchige Fachseminar zur Ausbildung von Verkehrssicherheitsauditoren, der Bundeskongress kommunale Verkehrssicherheit, das in zwei Blöcken geteilte Seminar Kommunale Straßen und die mehrtätige Schulung von Betriebspersonal der Straßentunnel.

Im November werden auch wieder die FSV-Preise an prämierte Masterarbeiten und Dissertationen verliehen.

Weitere Informationen auf unserer Webseite www.fsv.at!

*Dipl.-Ing. Martin Car
Generalsekretär der FSV*

Beiträge vom

FSV-Verkehrstag

Smart Density Determination (SDD): Insitu-Bodendichtebestimmung

In diesem Beitrag wird „Smart Density Determination (SDD)“ als neues innovatives Verfahren zur Bestimmung der Dichte von gemischtkörnigen Böden insitu vorgestellt. Die Feuchtdichte wird durch Wiegen einer Bodenprobe und Ermittlung des Volumens mittels Photogrammetrie bestimmt, während der Wassergehalt zur Berechnung der Trockendichte mit Time-Domain-Reflektometrie (TDR) ebenfalls insitu gemessen wird.

Die Eignung der beiden innovativen Messmethoden wurde anhand von Laborversuchen im Zuge mehrerer Masterarbeiten überprüft. Die Genauigkeit der Photogrammetrie wurde an einer künstlich gefertigten Prüfgrube mit unveränderlichem Volumen mit anderen konventionellen Volumenersatz-Verfahren verglichen. Die Ergebnisse der Bestimmung des Wassergehalts mittels Time-Domain-Reflektometrie (TDR) wurden für verschiedene Bodenarten dem Ofentrocknen gegenübergestellt. Die Untersuchungen zeigen bei den Ergebnissen der Photogrammetrie eine hohe Genauigkeit. Die Messunsicherheiten beim Wassergehalt lie-

gen geringfügig außerhalb der Toleranz nach ONR 24407. Vergleicht man jedoch die grundsätzlich erzielbare Genauigkeit der herkömmlichen Verfahren zur Bestimmung der Insitu-Dichte mit der neuen Methode, ist diese weit am genauesten.

Die Dichte bzw. Lagerungsdichte von gemischtkörnigen Böden für die Baukontrolle (z. B. Dammschüttungen, Tragschichten, etc.) und die Untergrunderkundung ist eine bedeutende Kenngröße in der Geotechnik und im Speziellen im Erdbau. Besonders zur Ermittlung des Verdichtungsgrades, des Porenanteils und des Sättigungsgrades wird die Dichte benötigt.

Eine weitere wichtige Kenngröße ist der Wassergehalt. Neben der allgemeinen Beschreibung der Bodeneigenschaften, wie dem Sättigungsgrad, hat er einen erheblichen Einfluss auf die Verdichtbarkeit von Boden. Außerdem hängt die Steifigkeit feinkorndominierter gemischtkörniger Böden stark vom Wassergehalt ab.

Bei allen Erdbauarbeiten ist eine laufende Überwachung der Verdichtungsleistung zur Qualitätssicherung erforderlich, etwa bei der Errichtung eines Dammbauwerks oder der Tragschicht einer Straße. Zu diesem Zweck werden unterschiedliche Verfahren zum Messen der Insitu-Dichte eingesetzt. Bei den üblichen Verfahren zur Bestimmung der Dichte von Böden, wo die Entnahme einer unge-

störten Probe nicht möglich ist, wird eine Bodenprobe vor Ort entnommen und das Volumen der ausgehobenen Prüfgrube gemessen.

Dabei werden Volumenersatzmethoden angewandt, welche mit hohem Aufwand verbunden sind, da die Messgeräte und das Medium für den Volumenersatz mitgeführt werden müssen. Danach wird zur Ermittlung des Wassergehalts die entnommene Materialprobe in das Erdbau- oder Straßenbaulabor transportiert und ofentrocknet, was zu einem entsprechenden Transportaufwand und Wartezeiten bis zum Vorliegen der Ergebnisse führt.

Im Bemühen diesen Aufwand zu reduzieren, wurden im Rahmen des Smart Density Determination (SDD) – Forschungsprojektes, entwickelt von ADP Rinner ZT GmbH, einer Ziviltechniker-Kanzlei für Vermessung und Geoinformation, und dem Geotechnischen Labor am Institut für Bodenmechanik, Erdbau und Numerische Geotechnik der Technischen Universität Graz, die Photogrammetrie als neue Methode zur Bestimmung des Volumens der Prüfgrube und TDR zur digitalen Wasserge-



Dipl.-Ing.
Otto Leibniz



Bild 1: Passpunktkorb zur Ermittlung des richtigen Maßstabs in der photogrammetrischen Insitu-Bodendichtebestimmung

haltsbestimmung im Labor und insitu erprobt. Als integriertes Messverfahren kann mit SDD, durch die Kombination dieser beiden Messmethoden, ein essenzieller Bestandteil der Qualitätssicherung im Erdbau beschleunigt und vereinfacht werden.

Dabei wurde die Genauigkeit der Photogrammetrie anhand einer künstlich hergestellten Prüfgrube mit unveränderlichem Volumen erprobt und mit den etablierten Messmethoden verglichen.

Zur Bestimmung der Dichte des Bodens insitu kommen unterschiedliche Verfahren zum Einsatz. Allen hier beschriebenen Methoden ist gemein, dass die Dichte durch Entnehmen von Bodenproben bestimmt wird. Das Volumen

der Probe ist dabei das Volumen der Prüfgrube, aus welcher der Boden entnommen wurde. Dieses wird mittels Ersatzmethoden vor Ort gemessen. Die Masse der entnommenen Materialprobe wird gewogen und der Wassergehalt durch Ofentrocknen einer Stichprobe im Labor bestimmt. Die Feucht- und Trockendichte ergibt sich dann als die feuchte bzw. trockene Masse dividiert durch das im Feld mit je nach Verfahren unterschiedlich genau ermitteltem Volumen. SDD ist als schnelle und genauere Alternative zu diesen Volumenersatz-Verfahren und dem Bodendensitometer nach Haas geeignet.

Beim Wasserersatz-Verfahren (ÖNORM B 4414-2) wird das zu bestimmende Volumen der Prüfgrube mit Wasser gefüllt. Zur Versuchsdurch-

führung wird ein horizontales Planum erstellt, darauf wird ein zylindrischer Stahlring aufgesetzt, welcher mit einer Kunststoffolie abgedeckt wird, sodass das eingefüllte Wasser nicht versickern kann. Mit einem bekannten Flüssigkeitsvolumen wird zunächst eine Nullmessung des ungestörten Bodens durchgeführt und der Wasserstand im Zylinder gemessen. Anschließend wird die Folie samt Wasser entfernt und eine entsprechende Prüfgrube ausgehoben. Die Prüfgrube wird wieder mit Folie abgedeckt und das gleiche Wasservolumen eingefüllt. Aus der Differenz der Pegelstände ergibt sich das Volumen der Grube. Die nicht geringen Wassermengen zur Volumenermittlung müssen zur Prüfstelle transportiert bzw. in unwegsamem Gelände hingetragen werden.

Beim Sandersatzverfahren (ÖNORM B 4414-2) wird das Volumen der Prüfgrube durch Sand mit bekannter Schüttdichte ersetzt. Der praktisch ofentrockene und rieselfreudige Sand wird durch einen Doppeltrichter in die Prüfgrube gefüllt. Die in der Grube verbrauchte Menge wird durch Wiegen bestimmt. Mit der bekannten Schüttdichte des Prüfsandes kann das Volumen der Grube errechnet werden. Die Verwendung des Trichters sorgt für eine annähernd konstante Fallhöhe und damit für eine etwa gleichbleibende Verdichtungswirkung. Voraussetzung für den Versuch ist ein Prüfsand mit einem Wassergehalt unter 0,2 %.

Die Porengröße des untersuchten Materials muss allerdings ausreichend klein sein, sodass kein Sand in die Hohlräume eindringen kann.

Beim Stahlkugeleratz-Verfahren werden kleine Stahlkugeln zur Ermittlung des Volumens verwendet. Die Stahlkugeln sind unempfind-

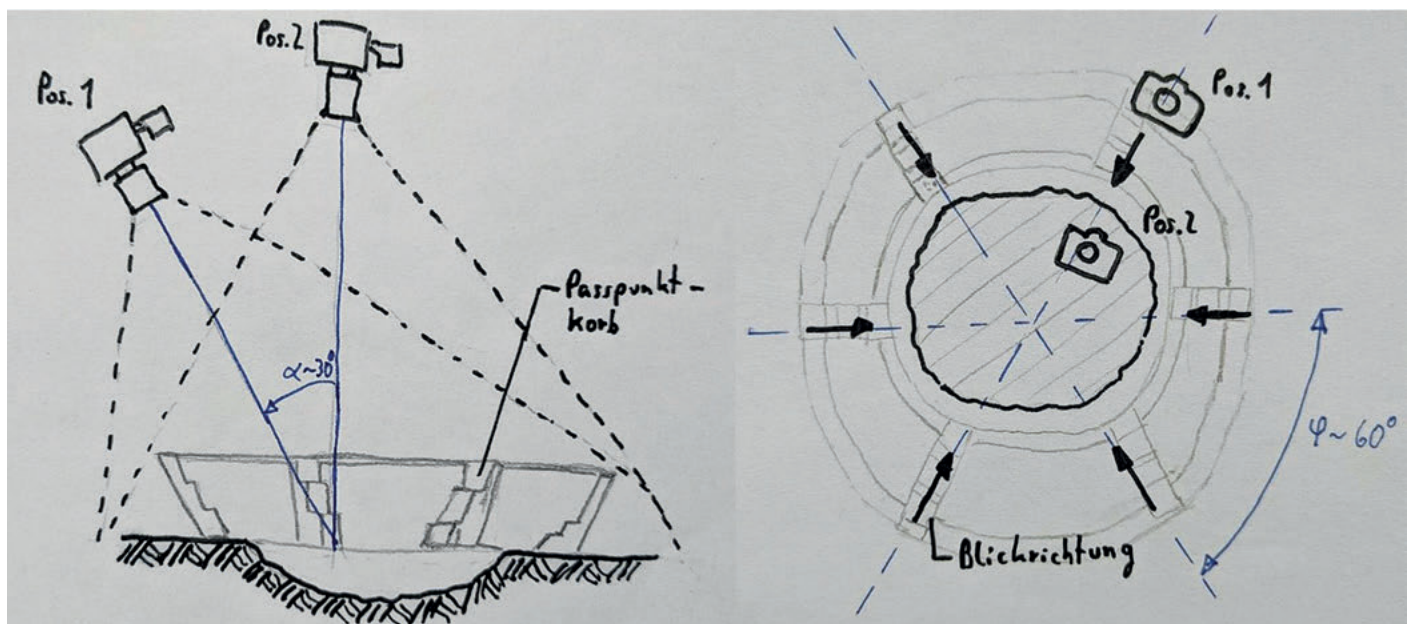


Bild 2: Versuchsaufbau zur photogrammetrischen Insitu-Bodendichtebestimmung mittels Anwendung des Passpunktkorbs

lich gegenüber Wassergehaltsschwankungen, können unverschmutzt (ggf. in einem Sieb schüttern) wiederverwendet werden (Rückgewinnung durch einen Bergemagneten), weisen eine sehr konstante Schüttdichte auf und eignen sich daher besonders gut als Medium für die Volumenmessung. Zur Durchführung des Versuchs muss nur ein ebenes Planum erstellt werden und eine Prüfgrube mit standfesten Wänden ausgehoben werden. Falls die Poren des Bodens größer als die Stahlkugeln sind, empfiehlt es sich, eine Kunststoffolie wie beim Wasserersatz-Verfahren zu verwenden, um das Eindringen der Kugeln in die Hohlräume zu verhindern. Die Stahlkugeln werden in einen Messzylinder mit einer Ablesegenauigkeit von 5 cm³ gegeben und das eingefüllte Volumen im Zylinder abgelesen. Anschließend werden die Kugeln in die Prüfgrube gefüllt und das verbleibende Volumen im Messzylinder abgelesen. Das Volumen der Prüfgrube ergibt sich aus der Differenz der abgelesenen Volumina.

Das Bodendensitometer nach Haas oder auch Ballongerät besteht aus einem Plexiglaszylinder, dessen unteres Ende durch eine Gummiblase abgeschlossen wird. Die untere Hälfte des Zylinders ist mit Wasser gefüllt und durch einen Kolben abgeschlossen. Mit dem Kolben kann die gefüllte Blase an die Prüfgrube angepresst werden, der Wasserdruck im Gerät wird über ein Ventil konstant gehalten. Beim Versuch wird zuerst eine Nullmessung am ungestörten Boden durchgeführt und der Kolbenstand abgelesen. Anschließend wird die Prüfgrube ausgehoben und der Kolbenstand erneut abgelesen. Das Volumen, welches einfach über die Kreisfläche des Zylinders und die Höhe errechnet werden kann, ergibt sich aus der Differenz der beiden Ablesungen. Wasser kann im Rahmen der erforderlichen Genauigkeit für dieses Verfahren als inkompressibel angenommen werden. Üblicherweise werden drei Messungen um jeweils 120° gedreht vorgenommen und die Werte gemittelt.

Es gab bereits im Rahmen der österreichischen Erdbaulaborantentage 2018 an einem Probefeld einen Rundversuch mit vergleichenden Messungen. Eine statistische Aussage über den wahren Wert der Prüfgrubenvolumina ist bei den Daten aus dem Rundversuch nicht zu treffen, da für die meisten Prüfgruben nur ein Wert vorliegt.

Bei den Vergleichsmessungen an einer Prüfgrube mit mehreren Messungen zeigt sich jedoch eine ähnliche Streuung wie bei einer neueren Versuchsreihe im Labor und es fällt auf, dass das Volumen nach Sandersatz-Verfahren etwa 3 % größer ist als das mittels Bodendensitometer gemessene.

Bei der neueren Versuchsreihe im Labor konn-

te mittels Photogrammetrie eine höhere Präzision als mit den konventionellen Messverfahren erreicht werden und die Abweichung vom wahren Wert liegt bei nur 0,5 %. Außerdem hat sich gezeigt, dass eine hinreichende fotografische Auflösung für diese Anwendung im Nahbereich bereits mit Smartphones im mittleren bis oberen Preissegment erreicht werden kann. Bei Auflösungen über 10 MP erreicht die digitale Punktwolke bei der Auswertung Abstände im Zehntel-mm Bereich. Messunsicherheiten dieser Größenordnung spielen bei üblichen Anwendungen in der Geotechnik aufgrund der Inhomogenität des Materials eine untergeordnete Rolle. Das Verfahren ist technisch ausgereift und für den praktischen Einsatz bereit.

Bei der Ermittlung des Wassergehaltes mittels TDR-Sonde konnte die erwartete Genauigkeit des gemessenen volumetrischen Wassergehaltes nicht erreicht werden. Dies ist unter anderem auf den Umstand zurückzuführen, dass der Zusammenhang zwischen der relativen Dielektrizitätskonstante und dem volumetrischen Wassergehalt materialspezifisch variiert.

Mit speziellen Kalibrierkurven für ein bestimmtes Material kann mit der TDR-Sonde jedoch eine sehr hohe Genauigkeit des Ergebnisses erreicht werden. Für die Anwendung der TDR-Feuchtesonde bei SDD sind diese Materialeigenschaften jedoch nicht immer bekannt und der Einsatz einer Kalibrierung, welche allgemein eine optimale Näherung gewährleistet, ist notwendig.

Die Auswertung des Wassergehalts mit einer Universalkalibrierung für die TDR-Sonden ergibt eine gute Übereinstimmung mit dem Wassergehalt durch Ofentrocknen. Im Zuge dieser Versuchsreihe wurden hauptsächlich gemischtkörnige, gut abgestufte Bodenarten untersucht. Die Abweichungen vom wahren Wassergehalt entsprechen geringfügig nicht der durch die ONR 24407 empfohlenen Toleranzgrenze von 5 %. Damit ist die digitale Wassergehaltsermittlung mittels TDR-Sonde nur für die Verdichtungsprüfung von nichtbindigen, gemischtkörnigen Böden, deren mechanische Eigenschaften kaum vom Wassergehalt abhängig sind, geeignet. Der Wassergehalt nichtbindiger Böden ist in der Regel niedrig und entspricht meist dem Messbereich bis $w = 10 \text{ M-}\%$, in dem sich die untersuchten Proben auch befunden haben.

Die Volumenmessung mit SDD erweist sich als zuverlässig und weist eine hohe Präzision auf. Zusammen mit der Feuchtemessung im Feld zur Bestimmung der Trockendichte wird ein kompletter Arbeitsschritt, nämlich die Analyse der Bodenprobe im Labor, eliminiert. Daraus resultiert eine erhebliche Zeit- und Kostener-

sparnis. Der hier vorgestellte Versuchsaufbau bietet entscheidende Vorteile bei der Durchführung der Insitu-Versuche gegenüber den konventionellen Ersatz-Verfahren. Der Arbeitsablauf wird vereinfacht, es muss lediglich die Feuchtemessung durchgeführt werden und im Anschluss dazu die Fotoserien für die digitale Auswertung des Volumens erstellt werden. Die Anzahl der Proben im Zuge eines Baustellenbesuches ist nur durch die verfügbare Zeit begrenzt. Bei den konventionellen Verfahren ist die Anzahl der Proben durch die Transportmöglichkeiten begrenzt, zudem muss beim Wasser- und Sandersatz genug von dem Ersatzmedium mitgeführt werden. Beim Zeitaufwand, die Versuchsdurchführung betreffend, ist lediglich das Bodendensitometer vergleichbar mit SDD, wobei SDD Vorteile durch die geringere Messunsicherheit bietet. Die etablierten Volumenersatzverfahren sind durch den aufwändigen Umgang mit dem Ersatzmedium benachteiligt.

Ein weiterer Vorteil von SDD ist, dass die Anwendbarkeit, die Volumenmessung betreffend, unabhängig von der Korngrößenverteilung des Bodens ist, während die konventionellen Versuche nur für bestimmte Bodenarten geeignet sind. Allenfalls bei sehr grobporigen Böden könnte das Volumen mittels SDD-Bestimmung etwas zu groß ausfallen, weil die Porenräume an der Oberfläche der Grube durch die Fotos mit abgebildet werden und der Grube ein scheinbar größeres Volumen verleihen. Als Insitu-Messverfahren ist SDD vielversprechend, die Erprobung in der zukünftigen praktischen Anwendung wird das beweisen.

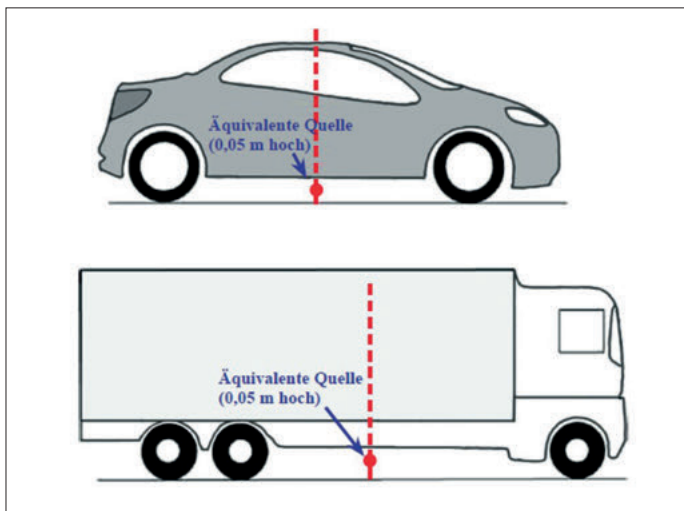
Eine Option, um die Problematik der Messunsicherheit der TDR Sonden zu umgehen, könnte die Verwendung einer Mikrowelle zum Ofentrocknen vor Ort sein. Diese Methode wird in der Praxis als nicht genormter Versuch zur internen Qualitätskontrolle zum Teil bereits angewandt, konnte die Anforderungen an die Genauigkeit (auch in Abhängigkeit vom Material – Tonminerale sind bei Mikrowellentrocknung unberechenbar) größtenteils erfüllen, bietet jedoch die erwünschte Zeitersparnis bei der Auswertung der Messergebnisse.

*Dipl.-Ing. Otto Leibniz, MSc. h. c.
office@leibnizgeo.at*

Berechnung von Schallemissionen und Lärmschutz (RVS 04.02.11)

Mit der Richtlinie (EU) 2015/996 vom 19. Mai 2015 zur Festlegung gemeinsamer Lärmbewertungsmethoden schreibt die Europäische Kommission den Mitgliedstaaten ein Lärmberechnungsverfahren vor, das ab dem Jahr

Bild 3: Auszug aus Abbildung 1 der RVS 04.02.11: Position der äquivalenten Punktquelle bei leichten KFZ (Klasse 1), mittelschweren und schweren KFZ (Klassen 2 und 3)



2022 im Rahmen der strategischen Umgebungslärmkartierung verpflichtend anzuwenden ist, um europaweit vergleichbare Angaben über die von Umgebungslärm betroffene Bevölkerung zu erhalten.



Dipl.-Ing. Christof Rehling

Die RVS 04.02.11 wurde daher auf Basis der Richtlinie 2015/996 überarbeitet und am 1. Februar 2019 veröffentlicht. Da danach von der Europäischen Kommission ein Prozess zur einer massiven Änderung der (Richtlinie (EU) 2015/996) und somit der Grundlagen dieser RVS begonnen wurde, hat die FSV die RVS 04.02.11 (Stand 1. Februar 2019) am 1. Juli 2020 zurückgezogen.

Auf Basis der „Delegierten Richtlinie (EU) 2021/1226 der Kommission vom 21. Dezember 2020 zur Änderung des Anhangs II der Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich gemeinsamer Methoden zur Lärmbewertung zwecks Anpassung an den wissenschaftlichen und technischen Fortschritt“ wurde die RVS 04.02.11 (Stand 1. Februar 2019) überarbeitet und am 1. November 2021 neu veröffentlicht.

Die RVS 04.02.11 enthält gemeinsam mit der am 1. Oktober 2021 ebenso neu veröffentlichten ÖAL-Richtlinie Nr. 28 „Berechnung der Schallausbreitung im Freien und Zuweisung von Lärmpegeln und Bewohnern zu Gebäuden“ das zur innerstaatlichen Umsetzung der Richtlinie 2015/996 erforderliche technische Regelwerk für die Berechnung von Straßenverkehrslärm, wobei die RVS 04.02.11 die Berechnung der Schallemissionen und die ÖAL-Richtlinie Nr. 28 die Ermittlung der Schallemissionen regelt.

In Österreich ist in Bezug auf den Verkehrsträger Straße vorgesehen, dass das neue europäische Lärmberechnungsverfahren nicht nur bei der EU-Umgebungslärmkartierung, sondern auch bei neuen Vorhaben als auch bei Bestandslärmprojekten als Standardverfahren eingesetzt wird.

Bei der Neufassung der RVS 04.02.11 waren in Bezug auf die Berechnung der Schallemissionen einerseits die Vorgaben der Richtlinien 2015/996 bzw. 2021/1226 und andererseits die nationalen Anforderungen bzw. Rahmenbedingungen zu berücksichtigen.

So waren u. a. Standardwerte für Verkehrsstärken (in Abhängigkeit von Straßentypen und den, in der EU-Richtlinie enthaltenen neuen Fahrzeugklassen) festzulegen, und es wurden zu einzelnen neuen Parametern (z. B. Temperatur, Berücksichtigung von Spikereifen) nationale Festlegungen getroffen.

Hauptaufgabe der Neufassung der RVS 04.02.11 „Berechnung von Schallemissionen und Lärmschutz“ war es, die Emissionswerte den neuen Erfordernissen (Richtlinie 2021/1226) anzupassen. Zudem mussten die Testbeispiele für die Berechnung der Schallemissionen überarbeitet werden.

Neben neuen Begriffsbestimmungen und umfangreichen Vorgaben zur Ermittlung der Schallemissionen (Beispiel auch in Bild 3) werden in der RVS 04.02.11 folgende Themen behandelt:

- Schallpegelmessungen
- Beurteilung von Straßenlärm
- Straßen- und objektseitige Lärmschutzmaßnahmen
- Lärmschutzuntersuchungen
- Empfehlungen für Lärmschutzmaßnahmen

Dipl.-Ing. Christof Rehling
christof.rehling@bmk.gv.at

Kommende Veranstaltungen und Seminare

FSV-Tagung

FSV-Preis 2022
17.11.2022
RIVERBOX, 1020 Wien

FSV-Infonachmittage

Dimensionierung von Straßen:
Asphalt/Beton/Kreisverkehre
7.9.2022
Webinar

Einsatzleiter und Lenker im Winterdienst –
Wahl der optimalen Salzstreuemenge
27.9.2022
FSV, 1040 Wien

FSV-Seminar

Standardisierte Leistungsbeschreibung
Verkehr und Infrastruktur Version 6 –
Basisseminar
12.–13.9.2022
FSV, 1040 Wien

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 ein Beitrag vom FSV-Verkehrstag.

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!