



FSV-aktuell STRASSE November 2021

Mitteilungen der Österreichischen Forschungsgesellschaft
Straße • Schiene • Verkehr

Editorial

Sehr geehrte Leserin,
sehr geehrter Leser!

Die heutigen Beiträge sind beide von hervorragenden Expertinnen bzw. Diplomingenieurinnen auf ihrem Gebiet.

Im ersten Beitrag vom FSV-Verkehrstag hat Frau Lauffer-Neumann in einem sehr guten Vortrag die gesundheitlichen Gefahren auf Baustellen von einer bisher eher unbekanntem Seite vorgeführt. Jetzt, wo wir schon längere Zeit von einer Virus-Pandemie belastet sind,

sind wir schon wesentlich hellhöriger, wenn nun auch in anderen Bereichen auf gesundheitsschädigende Stoffe hingewiesen werden. Bis vor einigen Jahren war die Tatsache, sich im Tunnelbau krebserregenden Stoffen auszusetzen, unbekannt. Es wird von Bedeutung sein, zukünftig öfters auf diese Gefahren hinzuweisen. Die FSV wird sich bemühen, wenn die angesprochene RVS fertiggestellt wurde, Infonachmittage zu diesem Thema zu veranstalten.

Der zweite Beitrag wurde von einer wissenschaftlichen Projektmitarbeiterin der Universität für Bodenkultur Wien gestaltet, die ihre

Masterarbeit bei uns zu einer Beurteilung im Rahmen des FSVPreises eingereicht hatte. In der Punktebewertung wurde ihre Arbeit von anderen Arbeiten getoppt, aber da ihre Masterarbeit nur knapp die Prämierung verpasst hatte, wollten wir auch ihr die Möglichkeit nicht verwehren, ihre Forschungsleistungen einem breiten Expertenkreis darzustellen.

Ich freue mich, dass auch im Verkehrswesen immer mehr Expertinnen ihre technischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Qualitäten einbringen.

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

Beitrag vom

FSV-Verkehrstag 2021

Schutzmaßnahmen gegen kanzerogene Gefahren durch mineralische Stäube – RVS 09.01.53

Als krebserzeugend oder kanzerogen werden Stoffe und Gemische bezeichnet, die beim Menschen durch Einatmen, Verschlucken oder Aufnahme über die Haut Krebs erzeugen oder die Krebsentstehung fördern können. Dabei gelten jene Stoffe als eindeutig krebserregend, die erfahrungsgemäß beim Menschen oder im

Tierversuch zu Krebserkrankungen führen. Die in dieser RVS 09.01.53 behandelten Stäube von Quarz, Asbest und Chrom(VI)-Verbindungen sind eindeutig krebserzeugend.

Im Tunnelbau ist Staub ein allgegenwärtiger Begleiter, insbesondere Quarzstaub ist in Österreich nicht vermeidbar, da unsere geologischen Verhältnisse im Wesentlichen quarzhaltige Gesteine umfassen. Auch Beton enthält über den Betonzuschlag nicht unerhebliche Mengen an Quarz, der bei der Bearbeitung von Beton freigesetzt wird.

Der Grenzwert (MAK-Wert) für Quarzfeinstaub wurde im Herbst 2020 in der Grenzwertever-

ordnung auf $0,05 \text{ mg/m}^3$ herabgesetzt, d. h. auf ein Drittel des davor gültigen Wertes. Die Erreichung dieses Grenzwertes stellt für alle an Untertageprojekten Beteiligten eine neue Herausforderung dar, für deren Bewältigung die RVS 09.01.53 eine Hilfestellung bieten soll.



**Dipl.-Ing. Dagmar
Lauffer-Neumann**

Mit der überarbeiteten RVS 09.01.51 – „Sicherheit- und Gesundheitsschutz auf Untertagebaustellen“ steht seit 2017 ein aktueller Leitfaden für die Planung und Umsetzung von Maßnahmen für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz auf Untertagebaustellen zur Verfügung. 2019 wurde als Ergänzung zu dieser RVS die RVS 09.01.52 – „Brandschutz und Rettung auf Untertagebaustellen“ veröffentlicht. Als weitere Ergänzung wurde in den vergangenen Jahren die RVS 09.01.53 – „Schutzmaßnahmen gegen kanzerogene Gefahren durch mineralische Stäube“ gemeinsam von Auftraggebern, ausführenden Firmen, Planungsbüros, AUYA bzw. WKO sowie Planungs- und Baustellenkoordinatoren erarbeitet. Diese soll als Unterstützung der Projektbeteiligten bei der Planung und Umsetzung von Maßnahmen zum Schutz vor kanzerogenen Gefahren dienen.

In der RVS 09.01.53 werden mögliche Maßnahmen des Arbeitnehmerschutzes bei Gefähr-



**Bild 1: Staubentwicklung
auf einer Baustelle**



Bild 2: Luttenauslass im Bereich der Ortsbrust zur drückenden Bewetterung

dungen durch Stäube von Quarz, Asbest und Chrom(VI)-Verbindungen in der Rohbau- und Ausrüstungsphase, aber auch bei Tunnel-Instandsetzungen, beschrieben und dargestellt. Maßnahmen für die Betriebsphase, den Sachwertschutz und den Umweltschutz werden in der vorliegenden RVS nicht behandelt. Weiters werden die Gefährdungen der Haut durch Chrom(VI)-Verbindungen durch direkte Berührung sowie durch Emissionen von Dieselmotoren und Bauprodukten nicht behandelt.

Maßnahmen sind im Sinne der Prävention in der Rangordnung „Substitution – Technischen Maßnahmen – Organisatorische Maßnahmen – Persönliche Maßnahmen“ (STOP – Prinzip) auszuarbeiten. Die RVS gliedert sich dem entsprechend neben der Beschreibung der Gefährdungen und der Entstehungsmöglichkeiten in die Kapitel „Reduktion/Minimierung/Substitution“, „Technischen Maßnahmen“, „Organisatorische Maßnahmen“ und „Persönliche Schutzausrüstung“. Information und Unterweisung werden auf Grund der Wichtigkeit dieser Maßnahmen in einem eigenen Kapitel behandelt.

Die Aufnahme von mineralischen Stäuben in den Körper kann über Einatmen, Verschlucken oder über die Haut erfolgen. Am Arbeitsplatz erfolgt die Aufnahme typischerweise über die Atemwege und die Haut. Gesundheitsgefährdungen entstehen hierbei vor allem durch das Einatmen des freigesetzten mineralischen Staubs, der u. a. je nach Art des bearbeiteten Materials (Gestein, Beton, ...) unterschiedliche Anteile von Quarz, Asbest oder Chrom(VI)-Verbindungen enthalten kann.

Vom Anteil der einatembaren Fraktion kann

die alveolengängige Fraktion des Staubes bis in die Lungenbläschen (Alveolen) vordringen. Alveolengängige Stäube von Quarz, Asbest und Chrom(VI)-Verbindungen werden von der Grenzwerteverordnung (GKV) als kanzerogen eingestuft und entsprechende Grenzwerte festgelegt. Beschäftigte, die diesen Stäuben schutzlos ausgesetzt sind, können verschiedenen Erkrankungen, wie chronische Bronchitis, Lungenemphysem oder Silikose (bei Quarzstaub) oder Lungenfibrose (bei Asbest) entwickeln, aus denen in der Folge Lungenkrebs oder andere Krebserkrankungen entstehen

können. Von der Aufnahme in den Körper bis zum Auftreten der ersten Symptome dauert es meist Jahre bis Jahrzehnte.

Mineralischen Stäube werden auf Untertagebaustellen bei einer Vielzahl von Tätigkeiten freigesetzt, wie z. B. beim Bohren, Sprengen, Schrämen, Brechen und Zerkleinern, bei Oberflächenbehandlungen wie Betonstrahlen oder Schleifen, beim Arbeiten mit Spritzbeton, bei Materialmanipulationen wie Aufladen oder Transportieren und durch Aufwirbelungen bei Luftströmungen oder Fahrzeuge.

Um Personen im Tunnel vor Quarzfeinstaub, Asbest oder Chrom(VI)-Verbindungen zu schützen steht eine Vielzahl möglicher Maßnahmen zur Verfügung, von denen eine allein im Regelfall nicht ausreichen wird. Die Staubmaske, in welcher Form auch immer, darf dabei nur das allerletzte Mittel sein, nachdem alle anderen Maßnahmen bereits ausgeschöpft wurden und die Grenzwerte damit nicht eingehalten werden konnten.

Zu den in der RVS behandelten Maßnahmen zählen unter anderem Bewetterung, Entstaubungssysteme, geschlossene Fahrzeugkabinen, Benetzung, Staubniederschlagung und Reinigung, Schwarz-Weiß-Bereich und Schleusen bei Asbestaufkommen, Geräteauswahl, Reduktion von Fahrzeugbewegungen und Fahrgeschwindigkeiten sowie die Persönliche Schutzausrüstung.

Beispielsweise ist die Bewetterung (Bild 2) eine Grundvoraussetzung für die Minimierung von Staubbelastungen im Tunnel, sie verdünnt die Staubkonzentration und ermöglicht ein besseres Ableiten des Staubs über Lutten ins Freie. In Fällen von sehr langen Tunnel ist eine



Bild 3: Entstaubungsanlage

Entstaubungsanlage (Bild 3) vorteilhaft, um die Stäube bereits im Tunnel aus der belasteten Luft zu filtern.

Für die Verringerung der Staubbelastungen während der gesamten Bauphase ist schon in der Planungsphase ein Bewetterungs- und Entstaubungskonzept für das Gesamtprojekt erforderlich. Sämtliche Bauphasen, Bauabschnitte und Arbeitsstellen müssen zum Schutz der Arbeitnehmerinnen und Arbeitneh-

mer in den Baulosen in dieses Sicherheitskonzept einfließen.

Die Baustellen- und Maßnahmenplanung muss genügend Platz berücksichtigen, um den gesetzten Maßnahmen genügend Raum zugeben, ebenso wird auch die Zeitplanung und Baukoordination mit einbezogen werden müssen.

Dipl.-Ing. Dagmar Lauffer-Neumann
dagmar.lauffer-neumann@geoconsult.eu

Die Geometrie des im Rahmen der Diplomarbeit untersuchten, nichtmetallisch bewehrten Trägers ist in Bild 4 ersichtlich. Neben Carbonbewehrung fanden weitere Hochleistungsmaterialien ihre Anwendung: Die untersuchte Baustruktur setzt sich aus einem



Dipl.-Ing.
Nadine Stoiber

Körper aus ultrahochfestem Beton, einer Carbonlamelle verlaufend an der Unterkante des Trägers sowie einem Stahlimplantat aus rostfreiem Stahl im Auflagerbereich zusammen.

Mittels Epoxidharzmörtel wurde die Carbonlamelle in das Stahlimplantat geklebt und somit kraftschlüssig verbunden. Die Formfindung der Auflagerbereiche des Trägers beruhte auf dem Prinzip die Bauteilgestalt an die bei Belastung auftretenden Hauptspannungen anzupassen. Auf diese Weise wurde eine möglichst effiziente Ausnutzung der hohen Festigkeitsei-

FSV-Preis 2020/21

Im Rahmen der FSV-Tagung „FSV-Preis 2020/21 – wir gehen neue Wege, die Jugend geht mit“ wurden einige Master-/Diplomarbeiten bzw. Dissertationen, die sich mit verkehrsrelevanten Themen beschäftigten, prämiert. Aus den Einreichungen stellen wir folgend eine Arbeit vor:

Ultrahochfeste, carbonbewehrte Betonträger auf dem Prüfstand – Untersuchung des Tragverhaltens und der ökologischen Performance

Straßen, Brücken & andere konstruktive Bauteile sollen bei Wind und Wetter ihre Funktion erfüllen. Frost, Nässe und Tausalz stellen jedoch die Beständigkeit massiver Straenverkehrsbauten auf die Probe und können zu etwas führen, was man als Achillesferse von Infrastrukturbauten bezeichnen kann: Korrosion.

Ein möglicher Ansatz, um diesem Phänomen entgegenzuwirken und somit die Lebensdauer von Verkehrsbauten zu erhöhen ist die Verwendung von Carbon – anstelle konventioneller Stahlbewehrung. Neben hohen mechanischen Materialeigenschaften wie Zugfestigkeiten bis über 3.000 MPa und einem Elastizitätsmodul ähnlich wie jenem von Stahl zeichnen ebenso herausragende Dauerhaftigkeitseigenschaften dieses Bewehrungsmaterial aus. Landläufig ist Carbon im Bauwesen in Form von Lamellen zur nachträglichen Bauteilertuchtigung bekannt, wird in den letzten Jahren jedoch vermehrt als alleinige Bewehrung in Betontragwerken wissenschaftlich untersucht und fand bereits praktische Umsetzung.

Aufgrund der herausragenden Korrosionsbeständigkeit von Carbonbewehrung kann die Betondeckung von massiven Bauteilen reduziert, das Eigengewicht der Tragkonstruktion und der damit einhergehende Materialverbrauch minimiert werden. Auf diese Weise können unter Anwendung von Carbonbewehrung besonders schlanke Bauteile entworfen werden.

Durch eine derartige Reduktion des Gewichts können außerdem Emissionen beim Transport

eingespart werden. Immer öfter wird Carbonbeton aufgrund des genannten Potentials zur Materialeinsparung als nachhaltige Alternative zu konventioneller Stahlbetonbauweise genannt. Um der zugrundeliegenden Notwendigkeit des ressourceneffizienten Bauens gerecht zu werden, lag das Ziel der hiermit vorgestellten Diplomarbeit darin, die generelle Machbarkeit, das Tragverhalten sowie das ökologische Potential eines neu entworfenen Carbonbetonträgers ganzheitlich zu beleuchten.

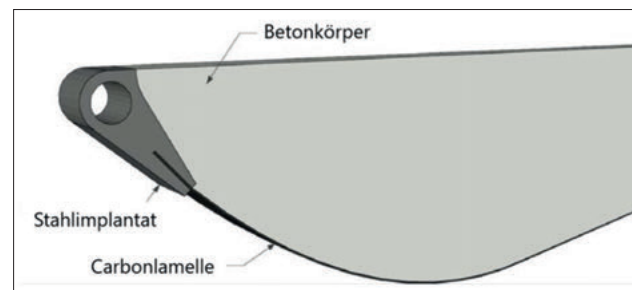


Bild 4: Isometrie des Auflagerbereichs des Carbonbetonträgers, bestehend aus Betonkörper (ultrahochfester Beton), Carbonlamelle und Stahlimplantat

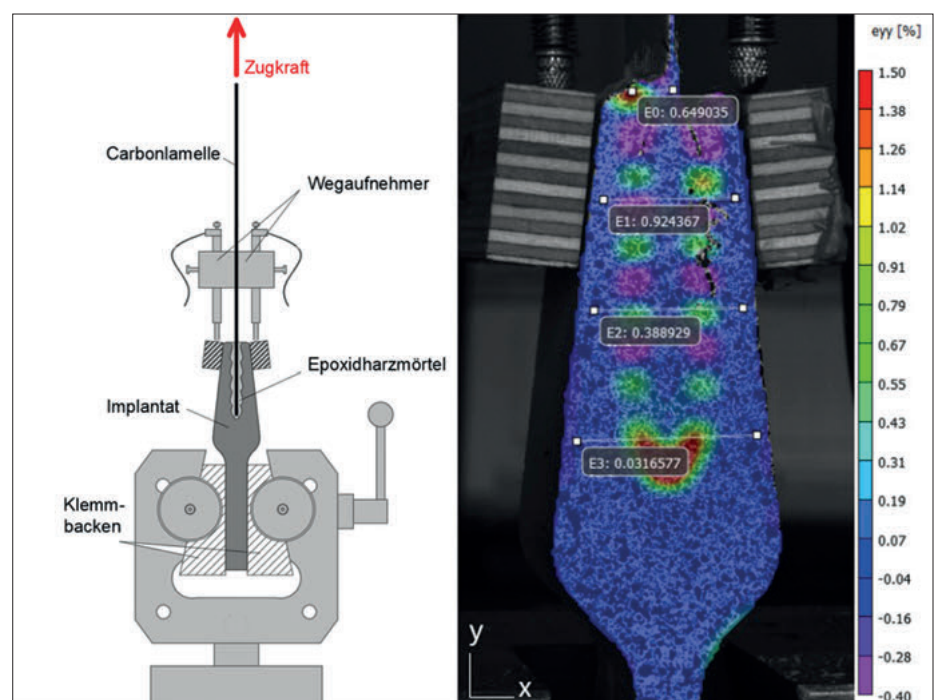


Bild 5: Ausziehversuche der Carbonlamelle aus dem Stahlimplantat – Versuchsaufbau (links) und exemplarisches Dehnungsbild der Dehnungen in y-Richtung aus der Messung mittels Digitaler Bildkorrelation (rechts)

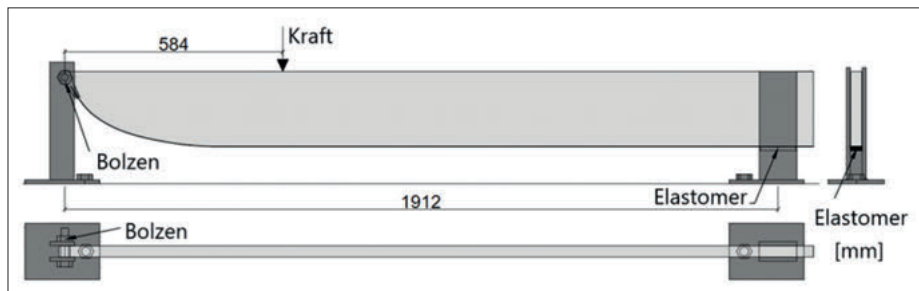


Bild 6: Full-scale Biegeversuche der Carbonbetonträger – Versuchsaufbau

genschaften von ultrahochfestem Beton sowie der Carbonbewehrung bei gleichzeitig minimalem Materialaufwand angestrebt.

Unterschiedliche Trägervarianten wurden untersucht, wobei Parameter wie die Oberflächenbeschaffenheit der Lamelle sowie die Trägerform des Anschlussbereichs variiert wurden.

Die Verbindung zwischen Carbonbewehrung und Stahlimplantat wurde im Rahmen von Ausziehversuchen umfangreich getestet. Besonderes Augenmerk wurde auf die Optimierung der Geometrie der innenliegenden Verzahnung der wasserstrahlgeschnittenen Stahlimplantate gelegt, wodurch optimale Ergebnisse erzielt werden konnten.

Der Versuchsaufbau sowie ein exemplarisches Bild des Dehnungsverlaufes in y-Richtung zu Beginn der Zugbelastung sind in Bild 5 dargestellt. Die Darstellung zeigt den Mechanismus des Verkeilens des Epoxidharzmörtelkörpers gegen die Verzahnung des Implantats bei Aufbringen einer Zugkraft. Die negativen Dehnungswerte (pink) zeigen ein Pressen des Mörtelkörpers gegen die Verzahnung, die positiven Dehnungen (grün) zeigen eine Separierung zwischen Mörtelkörper und Stahlimplantat auf. Die Dehnungen wurden mittels Digitaler Bildkorrelation gemessen.

Nach Abschluss der Untersuchung der Fügung zwischen Carbonlamelle und Stahlimplantat wurden die Carbonbetonträger im Rahmen von full-scale Biegeversuchen unter Punktbelastung (Bild 6) auf den Prüfstand gestellt. Die Testergebnisse zeigten ein reibungsloses Funktionieren des untersuchten Auflagerbereiches.

Die praktischen Laborexperimente wurden durch eine vorab durchgeführte numerische Simulation der Belastungsversuche ergänzt, bei welcher besondere Sorgfalt auf die Definition der Eigenschaften der Ultrahochleistungsmaterialien und den zugehörigen Materialnichtlinearitäten gelegt wurde.

Neben einer nichtlinearen, numerischen Analyse und experimentellen Untersuchungen wurde im Sinne einer Interdisziplinarität ebenso die Umweltverträglichkeit des Bauteils bewertet. Die Lebenszyklusanalyse (Life Cycle

Assessment) berücksichtigt hierbei die Produktionsphase „von der Wiege bis zum Werkstor“ (cradle to gate) des Carbonbetonträgers. Diese umweltrelevante Bewertung wurde entsprechend der zugehörigen Normung ÖNORM ISO 14025, ÖNORM ISO 14040 und ÖNORM EN 15804 durchgeführt und ermöglichte eine Quantifizierung der Umwelteinwirkung des neu entworfenen hocheffizienten Trägers. Anzumerken ist, dass Hochleistungsmaterialien wie Carbonbewehrung mit einem erhöhten Energiebedarf in der Produktion einhergehen, weshalb eine derartige Nachhaltigkeitsbewertung für eine korrekte und faire ganzheitliche Bewertung einer Tragstruktur unabdingbar ist. Aus diesem Grund wurde die Umweltverträglichkeit mit jener eines Trägers nach konventioneller Stahlbetonbauweise verglichen. Der ökologische Vorteil des Carbonbetonträgers ist in allen untersuchten Wirkungskategorien, wie beispielsweise dem Treibhauspotential, ersichtlich. Dieses Ergebnis konnte zufolge des geringeren Gewichts sowie einem effizienten Einsatz der Hochleistungsmaterialien durch optimal gewähltes Design erzielt werden.

Baustrukturen aus Ultrahochleistungsmaterialien kommen aufgrund ihrer herausragenden Materialeigenschaften und vergleichsweise geringeren Umwelteinwirkung zunehmend bei Ingenieurbauten zum Einsatz. Die im Zuge dieser Diplomarbeit durchgeführten Versuche gaben bedeutende Aufschlüsse über das Tragverhalten und die ökologische Performance von Carbonbetonträgern und stellen somit einen bedeutenden Schritt in die direkte Anwendbarkeit für die breitere Masse dar. Fortlaufende Forschungstätigkeiten in diesem Bereich des Carbonbetons sind jedoch weiterhin unabdingbar, um das Materialverhalten gänzlich zu erfassen. Abschließend sei in diesem Kontext besonders das sich derzeit in Bearbeitung befindliche FFG-Projekt NIMETBEW hervorzuheben. Mit der Universität für Bodenkultur als Projektkoordinator beleuchtet dieses umfassend die Potentiale von nichtmetallischer Bewehrung im Infrastruktur-Betonbau.

Dipl.-Ing. Nadine Stoiber, B. Sc.
nadine.stoiber@boku.ac.at

Kommende Veranstaltungen und Seminare

FSV-Tagungen

Brückenprüfer – Erfahrungsaustausch
2.12.2021
Rainers Hotel Vienna
1100 Wien, Gudrunstraße 184

FSV-Infonachmittag

Pflasterstein- und Pflasterplattendecken, Randeinfassungen
6.12.2021
Webinar

Ausführung von Erdarbeiten

24.1.2022
FSV, 1040 Wien

FSV-Seminare

Standardisierte Leistungsbeschreibung Verkehr und Infrastruktur, Version 6 Basisseminar
13.–14.12.2021
FSV, 1040 Wien

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

In der nächsten Ausgabe ...

...erwartet Sie ein Bericht zu Methoden zur Ermittlung der Lehr'schen Dämpfung.

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!