



## FSV aktuell

März 2003

### Mitteilungen der Österreichischen Forschungsgemeinschaft Straße und Verkehr

#### Tagungen

##### Betonstraßentagung 2003

22. Mai 2003

Wirtschaftskammer Österreich,  
Wiedner Hauptstr. 63, 1040 Wien  
Veranstalter: AG Betonstraßen  
der FSV in Kooperation mit der  
Vereinigung der Österreichischen  
Zementindustrie (VÖZ) und der  
Österreichischen Vereinigung für  
Beton- und Bautechnik (ÖVBB).

Information:

<http://www.zement.at>

##### Weltstraßenkongress der AIPCR/PIARC in Durban - Österreichische Gruppenreise

In der Woche vom 19. bis 25.  
Oktober 2003 findet in Durban  
(Südafrika) der XXII. Weltstraßen-  
kongress des Welt-Straßen-  
verbandes AIPCR/PIARC statt.  
Das Programm besteht aus einer  
„Minister Session“ zum Thema  
nachhaltige Entwicklung und den  
5 Hauptthemen

- Road quality service levels and innovations to meet user expectations,
- Roads and quality of life,
- Operating the network – Improving the service,
- Role of the road administrations in an integrated transport system,
- Access to mobility: a basic social service,

sowie den von den Technischen Komitees vorbereiteten Sitzungen zu den Themen Straßen- und Verkehrsplanung, Verkehrssicherheit, Finanzierung, Brücken und Tunnel, Straßenbautechnologie, Stadtstraßen und verkehrsträgerübergreifende Betrachtungen, Umweltschutz und Öffentlichkeitsbeteiligung, Straßenbetrieb und Straßenerhaltung sowie Technologietransfer. Gemein-

same Sitzungen mit anderen internationalen Organisationen wie der UNO, der Weltbank, der IRF, der IBTTA oder der OECD werden ebenfalls abgehalten. Technische Fachbesichtigungen und eine große Fachausstellung, bei der die weltweit neuesten technologischen Entwicklungen aus dem gesamten Bereich des Straßen- und Transportwesens präsentiert werden, ergänzen das Programm (nähere Informationen zum Kongress unter [www.wrc2003.com](http://www.wrc2003.com)).

Das österreichische Nationalkomitee des Welt-Straßenverbandes veranstaltet wieder eine Gruppenreise, welche die Kongressreise und Unterbringung in einem gemeinsamen Hotel sowie - für Interessierte - auch eine kurze Vor- bzw. Nachkongressreise vorsieht.

Voranmeldung zur österreichischen Gruppenreise: bis zum 15. April 2003!

Information und Voranmeldung:  
[friedrich.zotter@bmvit.gv.at](mailto:friedrich.zotter@bmvit.gv.at)

#### Tagungsbände

Tagungsband zum **"Kolloquium  
Fahrbahngriffigkeit"** (29. Okt. 2002; TU-Wien) – zu beziehen:  
TU Wien, Institut für Straßenbau  
und Straßenerhaltung  
Gußhausstraße 28, 1040 Wien  
Tel.: +43-1-58801-23301  
Preis: € 30,-

Tagungsband zur Fachtagung  
**"Boden- und Gewässerschutz"**  
(7. Nov. 2002; Tech Gate  
Vienna) – zu beziehen:  
in der Geschäftsstelle der FSV  
oder über Christian Scholler:  
Tel.: +43-7236-20075  
[scholler.christian@aon.at](mailto:scholler.christian@aon.at)

Preis: € 10,-

#### Schriftenreihe Straßenforschung

(zu beziehen in der Geschäfts-  
stelle der FSV)

#### Kurzberichte über neue Hefte

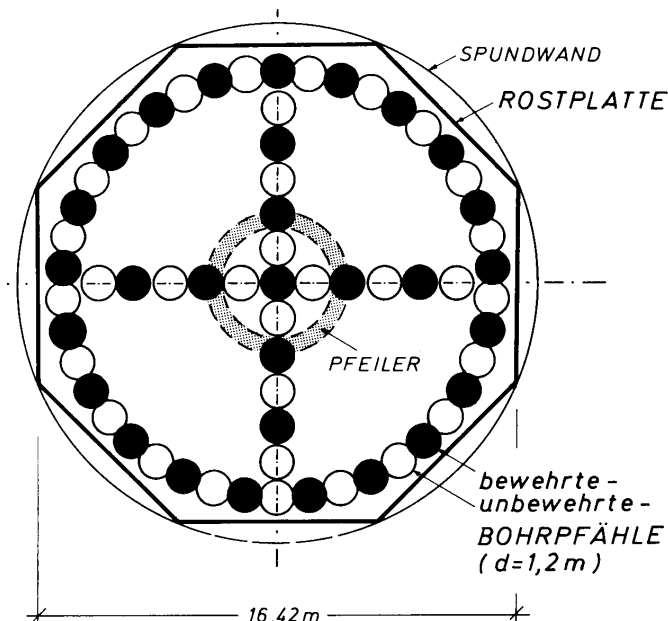
Heft 524 (2002); Preis: € 29,-

#### Tragfähigkeits- und Setzungsverhalten von Kastenfundierungen für Brücken

H. Brandl, R. Hofmann

Der Forschungsbericht behandelt das Trag-Setzungsverhalten von primär vertikal belasteten ein- und mehrzelligen Kastenfundierungen. Diese wirken als Verbundkörper, die aus Rostplatte und Pfählen oder Schlitzwänden sowie dem Baugrund bestehen. Die Bedeutung von tiefen Kastenfundierungen hat in den letzten Jahren wegen der Erzielung größerer Traglasten im Vergleich zu konventionellen Pfahlgruppen stark zugenommen. Ihr Einsatzbereich liegt primär bei Brücken zur Abtragung von hohen Vertikal- und Horizontal-lasten. So wurden sämtliche neuen Donaubrücken in Öster-

reich mit Pfahlkastenfundierungen gegründet. Dieses Gründungsverfahren findet darüber hinaus Anwendung bei der Sanierung von infolge Auskolkung geschädigten Flusspfeilern und bei Verstärkungen von bestehenden Brückenfundierungen. Im Zuge der vorliegenden Forschungsarbeit wurde eine Vielzahl von 1g-Modellversuchen mit Pfahlkästen, Einzelpfählen und konventionellen Pfahlgruppen in Sand durchgeführt. Der Schwerpunkt der Versuche bestand darin, Zusammenhänge zwischen dem Trag-Setzungsverhalten der Kästen und der Interaktion Pfähle – Rostplatte – Boden zu finden. Zusätzlich wurde die Wirkungsweise von unterschiedlichen konventionellen Pfahlgruppen und kombinierten Pfahl-Plattengründungen in Modellversuchen untersucht. Dabei ergaben sich neue Erkenntnisse auf Grund einer systematischen Gegenüberstellung des Tragverhaltens von konventionellen Pfahlgruppen mit Pfahlkästen. Anhand der Resultate erfolgte eine Aufstellung der wesentlichen Einflussfaktoren für die Interaktion Rostplatte – Pfähle – Boden.



Grundriss des Fundierungkastens (im breiigen Seeton) für den hoch belasteten, zentralen Flusspfeiler einer Autobahnbrücke

Die Modellversuche im Sand wurden mittels numerischer Berechnungsverfahren mit räumlichen Finite Element Modellen ergänzt. Es erfolgten umfangreiche Studien und Vergleichsberechnungen, u.a. unter Berücksichtigung eines Kohäsionsanteiles. Mit Hilfe der Berechnungen wurde das Tragverhalten der Modellkästen nachvollzogen, was weitere Rückschlüsse auf die Wirkungsweise von Kastenfundierungen ermöglichte.

Zusätzlich wurden die Messdaten der Kastenfundierung der neuen Donaubrücke bei Pöchlarn in die Arbeit aufgenommen. Die Erkenntnisse aus den Modellversuchen wurden den geotechnischen Messungen der Bohrpfahlgründungen mit großem Durchmesser gegenübergestellt.

Als wesentlicher Interaktionsfaktor wurde ein  $\kappa$  – Wert eingeführt, welcher in Abhängigkeit vom Verhältnis Kastenfläche zu Kastenumfang die gegenseitige Beeinflussung von Pfählen und Rost wiedergibt. Bei den Versuchen konnte eine deutliche Abhängigkeit des Setzungsverhaltens von der Kastengeometrie und dem Steifigkeitsverhältnis von Pfahl zum Boden in den Zellen herausgearbeitet werden. Der Silodruck in den Zellen bewirkt unterschiedliche Sohlwiderstände an den Innen- und Außenpfählen und dementsprechend größere Sohlrücke bei den Innenpfählen.



Herstellung eines Fundierungskastens aus Bohrpfählen (vom Schiff aus) für eine Flussbrücke; erkennbar sind Sekundärpfähle mit Bewehrung

Beim Vergleich von konventionellen Pfahlgruppen mit Pfahlkästen mit gleicher Anzahl von

Pfählen zeigte sich in den dimensionslosen Last-Setzungsdiagrammen ein deutlich besseres Tragverhalten der Pfahlkästen gegenüber konventionellen Pfahlgruppen. Dies erklärt sich durch eine intensivere Verbundwirkung Pfähle – Boden beim Kasten: Der eingeschlossene Boden kann seitlich nicht ausweichen und wird daher stärker zum Mittragen herangezogen. Der Fundierungskasten wirkt ähnlich einem umgedrehten Topf.

Die Fundierungskästen können beliebige Grundrissformen aufweisen (siehe abgebildete Beispiele). Sie haben sich vor allem bei Flussbrücken mit erhöhter Kolkgefahr und mit Schiffsverkehr (Aufnahme von Anprallstoß etc.) bewährt. Auch zur Fundierung von Brücken oder Masten in rutschgefährdeten Hängen werden sie auf Grund ihres hohen Widerstandsmomentes gegenüber Hangschub herangezogen. Die Erdbebenstabilität ist ebenfalls höher als bei konventionellen Pfahlfundierungen.

Kontakt: Heinz Brandl  
h.brandl@tuwien.ac.at

Heft 525 (2002); Preis: €23,-  
**Untersuchung anlässlich des Abbruches ausgewählter Tragwerke**

H. Wenzel, R. Geier, E.-M. Eichinger  
Vergüteter Spannstahl mit der Festigkeit 145/160 kP/mm<sup>2</sup> wurde bis zum Jahre 1965 unter den Namen „Sigma Oval“ und „Neptun N40“ in Spannbetonbrücken eingebaut. Bei frühen Materialprüfungen wurde festgestellt, dass bestimmte Chargen anfällig auf Spannungsrissskorrosion sind. Die betroffenen Bauwerke wurden daher auf Standsicherheit und Allgemeinzustand untersucht.

Brücken, aber auch viele andere Bauwerke besitzen ein individuell ausgeprägtes Schwingungsverhalten, das als „Schwingungssignatur“ oder „Vibrational Signature“ bezeichnet werden kann. Dieses für ein Bauwerk typische dynamische Verhalten kann durch geeignete Messungen erfasst und nach entsprechender Auswertung zur Beurteilung des

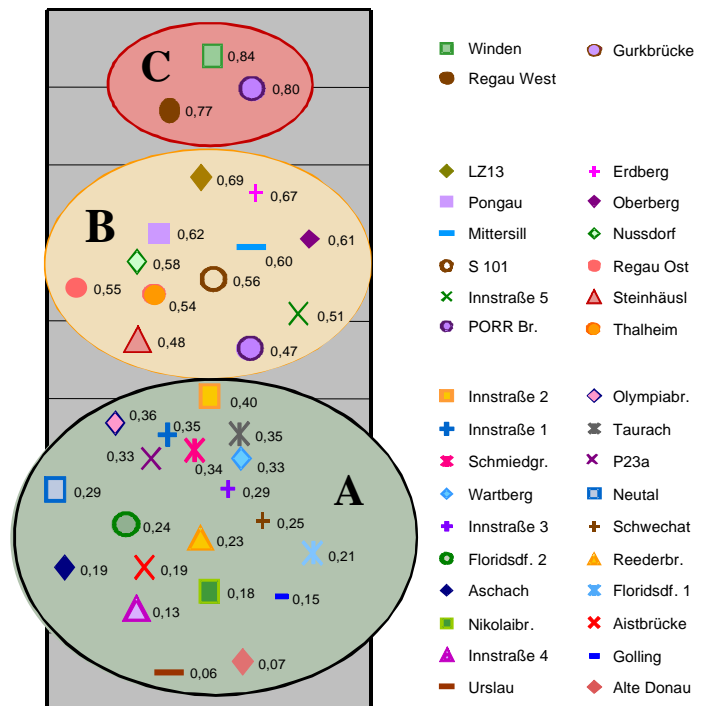


Schwingungsuntersuchung mittels Messsystem BRIMOS an der Melkflussbrücke Winden

Zustands der Tragstruktur und zur Feststellung von Schäden herangezogen werden. Das Inspektionssystem BRIMOS (BRIDGE MONITORING System; www.brimos.com) basiert auf der Analyse der dynamischen Charakteristik von Bauwerken. Ähnlich der Parameterklassifizierung aus dem Maschinenbau, wo derartige Methoden bereits zu Standardwerkzeugen gereift sind, werden aus den aufgezeichneten Rohdaten einzelne Parameter extrahiert und einer Interpretation zugeführt. Messungen von der Momentaufnahme bis zur Dauerüberwachung produzieren die

erforderlichen Rohdaten. Auf Grund langjähriger Entwicklungsarbeit war es möglich, ein Hardwaresystem sowie eine Methode zu entwickeln, die die entsprechenden technischen Anforderungen erfüllen.

Im Jahr 2000 wurde in Österreich die Erhaltung vorgespannter Tragwerke intensiv untersucht. Im Zuge dieser Sicherheitsüberprüfung wurden bisher etwa 35 Tragwerke auf Standsicherheit und Allgemeinzustand, speziell in Hinblick auf die Vorspannung durch das dynamische Messsystem BRIMOS beurteilt (siehe Grafik).



Gruppe	Beschreibung
A	Sehr guter Tragwerkszustand
B	Guter Zustand mit lokalen Problemzonen
C	Kritischer Tragwerkszustand

Klassifizierung von Tragwerken nach BRIMOS (Stand 06.2001)

Im Rahmen eines nationalen Forschungsprojektes ist es gelungen, gemeinsam mit der Technischen Universität Wien zerstörende Versuche an fünf Spannbetontragwerken durchzuführen. Dabei waren die Auswirkungen einer gezielten Schädigung auf die dynamische Charakteristik zu beurteilen. Die Kombination der Untersuchungen ermöglichte es, ein umfangreiches Bild über den Zustand der Tragwerke zu erstellen (23 Tragwerke sind diesbezüglich im Forschungsbericht näher beschrieben). Die wesentlichsten Erkenntnisse in Kurzform sind:

- Nach dynamischen Messungen an insgesamt 28 Objekten konnte eine klare Identifizierung problematischer Bauwerke stattfinden. Die begleitenden Untersuchungen während und nach dem Abtrag von sechs Tragwerken haben diese Aussagen eindeutig bestätigt.

- Die festgestellten Probleme bei den sechs betroffenen Tragwerken sind nicht einheitlicher Natur, sondern äußerst unterschiedlich.

- Die detaillierten Schädigungstests, teilweise bis zum Bruch, haben bestätigt, dass sich die festgestellten Schäden noch nicht in einer Reduzierung der rechnerischen Sicherheit niederschlägt. Der entstandene Substanzverlust ging auf Kosten der meist vorhandenen zusätzlichen Sicherheit bei dieser Art von Bauwerken.

- Bei den Detailmessungen konnte sowohl eine genaue Lokalisierung der Schäden als auch eine Quantifizierung des Schädigungsgrades erfolgreich durchgeführt werden.

- In allen Fällen wurde festgestellt, dass die Verbundwirkung hervorragend funktionierte. Der Einzug abgeschnittener Drähte betrug jeweils nur wenige zehntel Millimeter und die Wiederverankerung der Drähte fand in einem sehr kurzen Bereich statt, was an den zugehörigen Rissen erkennbar war.

- Bei den dynamischen Untersuchungen an den Spannstählen wurde festgestellt, dass eine ausreichende Kapazität gegen Ermüdung vorhanden ist. Trotzdem empfiehlt es sich, auf die

Schwingungsintensität bei derartigen Brücken zu achten.

Sowohl die Spannstähle der Melkflussbrücke Winden (Spannstahl SIGMA Oval St 145/160) als auch jene der Autobahnüberführung Regau (Spannstahl Neptun N40 St 1420/1570) konnten auf Grund ihrer chemischen Zusammensetzung als Stähle des „alten“ Typs klassifiziert werden, weshalb die Untersuchung dieser Spannstähle hinsichtlich ihrer mechanisch-technologischer und chemischer Eigenschaften von besonderem Interesse ist. Es ist zu beachten, dass die Brücke in Regau die einzige in Österreich ist, bei welcher der Spannstahl Neptun N40 zur Anwendung kam.

An den Spannstählen der Brücken Regau und Winden wurden folgende Versuche und Untersuchungen durchgeführt, die zugehörigen Ergebnisse sind dabei in der vorgestellten Veröffentlichung im Detail enthalten:

- Statische Zugversuche zur Bestimmung der Zugfestigkeiten sowie der Spannungs-Dehnungslinien;

- Dauerschwingversuche zur Bestimmung der maximalen Schwingbreiten;

- Untersuchungen zur chemischen Zusammensetzung der Spannstähle;

- Untersuchungen zum Einschlussgehalt;

- Metallografische Untersuchungen an Längs- und Querschliffen.

*Kontakt: Roman Geier  
geier@vce.at*

Heft 526 (2002); Preis: € 23,-

Teil 1:

### **Fugenverguss mittels Zweikomponentenmasse STOFLEX**

N. Steinbacher, W. Hintringer

#### **1. Zweck des Forschungsvorhabens:**

Im Asphaltoberbau kommt es durch verschiedene Ursachen immer wieder zu Rissen. Die verossenen Risse und Fugen überstehen die in der RVS 13.542 „Straßeninstandhaltung / Asphaltstraßen / Verfüllen von Rissen“ festgelegte Gewährleistungsfrist von ein bis drei Jahren oft nur kurz, sodass sich kurze Instandsetzungsintervalle ergeben.

Weiters weisen konventionelle Rissanierungen oft für einspurige Fahrzeuge ein hohes Gefahrenpotential auf.

Der Zweck des Forschungsvorhabens war daher zu untersuchen, ob eine Zweikomponentenmasse (Kunstharzdispersion sowie Zement mit Zuschlag GK 2 mm) für Rissverfüllungen als geeignet anzusehen ist. 1998 wurde an mehreren Schadstellen das zu prüfende Produkt eingebaut (siehe Bild) und über drei Jahre hindurch beobachtet. Weiters erfolgten Laboruntersuchungen zur Ermittlung von Kennwerten des Materials.



#### **2. Zusammenfassung der Feststellungen:**

- Die geprüfte Verfüllmasse war widerstandsfähig gegen Frost- und Tausalzangriff.

- An den Versuchsstrecken wurde eine zumindest drei- bzw. vierjährige Beständigkeit nachgewiesen.

- Der SRT-Wert bei der Eignungsprüfung lag im Labor bei 65 und damit deutlich über den Anforderungen der RVS 8S.06.21 „Deckenarbeiten / Bituminöse Decken / Versiegelungen“ von mindestens 55.

- Nach zwei bis drei Jahren wies der SRT-Wert in situ Werte von 51 bis 55 auf, wobei allerdings keine Zahlenangaben über Lastübergänge vorliegen.

- Verformungen durch Substanzverluste treten offensichtlich nicht auf. Aufgrund des, wenn auch gegenüber rein zementgebundenen Materialien geringeren Schwindens des Zement-Kunststoffmaterials und der im Vergleich zur bituminösen Trag-

schicht etwas höheren Steifigkeit (im Vergleich zum Beton allerdings deutlich niedriger) kommt es bei breiteren Verfüllungen zu Haarrissen auch an den Flanken, wobei offensichtlich aber keine Ablösung erfolgte.

- Eine Auswirkung der Haarrisse auf die Durchlässigkeit kann als nicht wesentlich bezeichnet werden, da auch im Bereich des feinen Risses noch eine technische Dichtheit vorliegt.

- Risse von 5 bis 10 mm konnten nicht vollständig verfüllt werden.

- Bei der Verfüllung von Rissen unter 5 mm konnte das Material, auch größtkornbedingt, nicht eindringen. Eine rissüberbrückende Wirkung konnte in situ nicht erkannt werden.

- Die Haftzugfestigkeiten im Labor von  $> 0,5 \text{ N/mm}^2$  bei  $0^\circ\text{C}$  entsprachen den Anforderungen für die Schichthaftung der RVS. Die geringeren Haftzugfestigkeiten im Bereich von  $0,2 \text{ N/mm}^2$  bei Prüftemperaturen im Bereich von ca.  $30^\circ\text{C}$  reichten offensichtlich aus, da es zu keinen schädlichen Ablösungen gekommen ist.

- Die Anordnung der Recycling-Richtlinie für RB, RAB und RM hinsichtlich Verwendung außerhalb des Grundwasserschwankungsbereiches wurden bis auf die pH-Werte bedingte erhöhte Leitfähigkeit eingehalten.

- Die Anforderungen für Baustoffrestmassen gemäß Deponierichtlinie wurde hinsichtlich der gemäß Recycling-Richtlinie geprüften Parameter eingehalten, wobei der Wert der Leitfähigkeit am Grenzwert lag.

#### **3. Hinweise zur Verwendungsmöglichkeit:**

- Mit dem getesteten Material von GK 2 mm ist eine gute und beständige Verfüllung von breiten Rissen bzw. Ausbrüchen von 10 bis 30 mm zu erwarten. Für Rissbreiten von 5 bis 10 mm kann eine vollständige Verfüllung nicht erwartet werden. Rissbreiten unter 5 mm können nicht verfüllt werden bzw. müssen vorher aufgeweitet werden.

- Bei breiteren Rissen und Ausbrüchen sollte mit einem größeren Stützkorn (z.B. 4 mm) gearbeitet werden.

- Eine rissüberbrückende Wirkung des Materials kann nicht erwartet werden.

- Aufgrund der „betonähnlichen“ Verformungseigenschaften ist das Material für alle Lastklassen geeignet.

- Mit schwindbedingten feinen Haarrissen ist zu rechnen.

Kontakt: Norbert Steinbacher  
norbert.steinbacher@bps.at

Heft 526 (2002); Preis: € 23,-  
Teil 2:

**Pilotprojekt Elektrofilter zur Abluftreinigung im Straßentunnel Plabutsch Graz**

H. Aigner

In einem Pilotprojekt im Plabutschtunnel in Graz, Österreich, wurde über fast 2 Jahre versucht, sowohl die technischen Möglichkeiten, als auch Investitions- und Wartungskosten zum Thema Abluftreinigung von Straßentunnel zu erforschen und Daten zu verifizieren.

Bereits Anfang der 80er Jahre wurde in Österreich mit der Forschung auf diesem Gebiet begonnen. Die technische Universität Graz war dabei stets federführend und verfügt über eine große Erfahrung im Bereich der Tunnellüftung. Zusammen mit der Firma Aigner Tunnel Technology wurde nun dieses Pilotprojekt in Graz gestartet. Finanziert wurde das Projekt vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, der Asfinag sowie der Bundesländer Oberösterreich, Steiermark und Salzburg.

Elektrofilter wurden bereits in einigen Tunneln eingesetzt, mit mehr oder weniger gutem Erfolg. Die Kenntnis der Schwachstellen eines herkömmlichen Elektrofilters und die geforderten Bedingungen in der Tunnelanwendung führte zur Entwicklung einer völlig neuartigen Technologie unter dem Namen ECCO.

Das grundlegende Funktionsprinzip dieses Systems besteht darin, dass die Staubteilchen, die im Wesentlichen aus Dieselschlack sowie Reifen- und Straßenabrieb bestehen, in einem Hochspannungsfeld elektrostatisch aufgeladen bzw. ionisiert werden. Im ECCO erfolgt die Abscheidung dann in einem mechanischen Filterteil, das sich selbst wieder in einem elektrostatischen Feld befindet. Durch dieses Prinzip

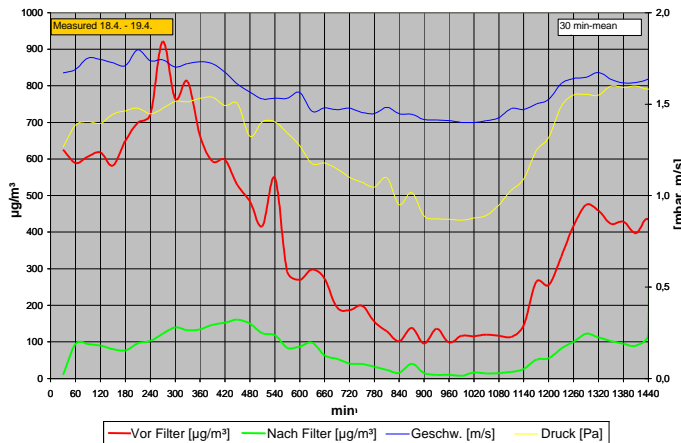


Bild 1: Typischer Verlauf der Partikelkonzentration und -filtration im Tagesgang

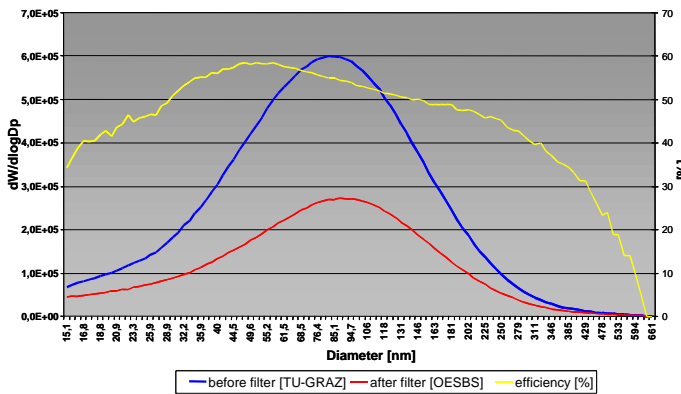


Bild 2: Konzentration und Abscheidungsgrad von Dieselpartikel

wird eine sichere Abscheidung gewährleistet, auch bei längerem Betrieb und hoher Geschwindigkeit im Filter.

Gereinigt wird der Filter vollautomatisch während des Betriebes mittels eines pneumatischen Systems. Damit gelingt es, den Staub in trockener Form zu sammeln und einfach zu entsorgen.

Im Zuge des Pilotprojektes wurde eine Optimierung der Konstruktion durchgeführt. Hierbei wurde auch die Problematik der messtechnischen Geräte erkannt. Zeitweise wurde mit 8 unterschiedlichen Messgeräten parallel ge-

messen, um die gewonnenen Daten zu verifizieren (vgl. Bild 1). Die Messung der durchschnittlichen Partikelverteilung in der Tunnelabluft ergab die in Tabelle 1 dargestellten Werte.

Die entsprechende standardisierte Prüfung gemäß EN 779 oder Ashrae Standard 52.2 – 1999 ergibt einen Abscheidungsgrad von >94%.

Allerdings sind diese Prüfnormen für Luftfilter entwickelt worden und es interessieren natürlich insbesondere auch die ultrafeinen Dieselpartikel mit einem hohen Anteil von Teilchen mit 100 Nanometer (ein zehntau-

sendstel Millimeter; vgl. Bild 2). Auch wenn es nicht ganz korrekt ist (Immissionswerte), wird in diesem Zusammenhang immer wieder von den PM-Werten (particulate matter) gesprochen. Aus diesem Grund wurden auch diese Werte untersucht. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 2. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass eine Staubabscheidung der Emissionen aus Straßentunnels technisch gelöst ist. Ebenso bewegen sich die Investitionskosten in einem Rahmen, der den Einsatz auch als umweltschutzrelevante Maßnahme rechtfertigt.

Kontakt: Heinz Aigner  
heinz.aigner@aigner.at

**In der nächsten Ausgabe ...**

Vorgesehen sind u. a. wieder Kurzbeschreibungen der Inhalte der nächsten Hefte der Schriftenreihe Straßenforschung. Weiters ist ein Bericht aus dem FSV-Vorstand vorgesehen, der sich mit den Auswirkungen der vor einem Jahr durchgeführten „Veränderung“ der Bundesstraßen B auf die FSV beschäftigt.

**FSV-aktuell:** „Österreich-Teil“ im offiziellen Organ der Österreichischen Forschungsgemeinschaft Straße und Verkehr (FSV)

**Geschäftsstelle:**  
A-1010 Wien, Eschenbachgasse 9  
Tel.: +43 1 585 55 67  
Fax.: +43 1 585 66 40  
e-mail: office@fsv.at  
http://www.fsv.at/

Bei Bestellungen im EU-Raum bitte Ihre DE bekannt geben (in Deutschland = De + 9 Ziffern), da Sie so die MwSt. sparen können.

**Schriftleitung:**  
Wolfgang J. Berger  
Institut für Verkehrswesen der Universität für Bodenkultur Wien  
A-1190 Wien, Peter Jordan-Str. 82  
Tel.: +43 1 47654 – 5306  
Fax: +43 1 47654 - 5344  
e-mail: w.j.berger@boku.ac.at  
(Kommentare, Anregungen, Beitragsideen etc. immer erwünscht!)

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

Tabelle 1: Partikelverteilung in der Tunnelabluft

Partikelgröße µm	Massen – Anteil %	Abscheidungsgrad %
< 2,5	30	54 – 91
2,5 – 10	60	94 – 99
> 10	10	99

Tabelle 2: PM-Werte in der Tunnelabluft

	Anteil %	Abscheidungsgrad %
TSP <sup>1</sup>	100	90
PM <sub>10</sub>	70 – 74	86
PM <sub>2,5</sub>	63 – 66	74
PM <sub>1</sub>	56 – 59	67

<sup>1</sup> TSP ... total suspended particles bzw. Gesamtstaub