



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Swiss contribution to the Heavy-Duty Particle Measure- ment Programme (HD-PMP)

**Schweizer-Beitrag zum Russpartikel-Messprogramm für
schwere Motorwagen (HD-PMP)**

**Contribution de la Suisse au Programme de Mesure des
Particules pour voitures automobiles lourdes (HD-PMP)**

Empa - Material Science & Technology Institution
Daniel Schreiber
Dr. Silke Weimer
Christian Bach

ASTRA Bundesamt für Strassen
Heinz Berger
Thomas Gasser

BAFU Bundesamt für Umwelt
Giovanni D'Urbano
Jürg Minger

METAS Bundesamt für Metrologie
Dr. Jürg Schlatter

**Forschungsauftrag ASTRA 2007/008 auf Antrag des
Bundesamtes für Strassen (ASTRA)**

April 2010

1296

Der Inhalt dieses Berichtes verpflichtet nur den (die) vom Bundesamt für Strassen beauftragten Autor(en).
Bezug: Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Le contenu de ce rapport n'engage que l' (les) auteur(s) mandaté(s) par l'Office fédéral des routes.
Diffusion : Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS)

Il contenuto di questo rapporto impegna solamente l' (gli) autore(i) designato(i) dall'Ufficio federale delle strade.
Ordinazione: Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti (VSS)

The content of this report engages only the author(s) appointed by the Swiss federal roads office.
Supply: Swiss Association of Road and Transportation Experts (VSS)



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Swiss contribution to the Heavy-Duty Particle Measure- ment Programme (HD-PMP)

**Schweizer-Beitrag zum Russpartikel-Messprogramm für
schwere Motorwagen (HD-PMP)**

**Contribution de la Suisse au Programme de Mesure des
Particules pour voitures automobiles lourdes (HD-PMP)**

Empa - Material Science & Technology Institution
Daniel Schreiber
Dr. Silke Weimer
Christian Bach

ASTRA Bundesamt für Strassen
Heinz Berger
Thomas Gasser

BAFU Bundesamt für Umwelt
Giovanni D'Urbano
Jürg Minger

METAS Bundesamt für Metrologie
Dr. Jürg Schlatter

**Forschungsauftrag ASTRA 2007/008 auf Antrag des
Bundesamtes für Strassen (ASTRA)**

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung
Christian Bach

Mitglieder
Daniel Schreiber
Dr. Silke Weimer

Begleitkommission

Präsident
Heinz Berger

Mitglieder
Giovanni D'Urbano
Thomas Gasser
Jürg Minger
Dr. Jürg Schlatter

KO-Finanzierung des Forschungsauftrags

Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Material Science & Technology Institution (Empa)

Antragsteller

Bundesamt für Strassen (ASTRA)

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von <http://partnershop.vss.ch> herunter geladen werden.

Contents

	Impressum	4
	Summary	7
	Zusammenfassung	8
	Résumé	9
1	Introduction	10
2.1	Engine Specification.....	11
2.2	Sampling Set Up and Conditions	11
2.3	Particle Number Sampling for Empa Systems.....	13
2.4	PMP Schedule.....	14
2.5	Gaseous Pollutants	15
3	Results and Discussion.....	16
3.1	Differences in Particle Emission for Full- and Partial Flow	16
3.2	Differences in Golden and Empa Instrumentation	18
3.3	Daily Variation	20
4	Conclusion.....	21
	Annex	22
	Abbreviations	25
	References	27
	Projektabschluss	29
	Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen	32

Summary

The goal of the Particle Measurement Programme (PMP) is the development of an analytical system to measure the number of non-volatile particles from exhaust emissions for heavy-duty and light-duty vehicles. This measurement system shall replace or complement the existing method of particulate mass measurement.

During the PMP Heavy-Duty inter-laboratory exercise a golden engine and two golden particle measurement systems (GPMS) were circulated around five laboratories (JRC, AVL-MTC, Ricardo, UTAC, and Empa). The repeatability as well as the reproducibility of the number measurements is currently being assessed and discussed.

At Empa the measurements for the Heavy-Duty PMP project (HD-PMP) were performed from 1st of July to 10th of July 2009 at the test bench. Results indicate a good repeatability of all cycles (World Harmonised Transient Cycle cold/hot (WHTCc/h), World Harmonised Steady State Cycle (WHSC), European Transient Cycle (ETC), and European Steady State Cycle (ESC)) during eight days.

The highest particle number emissions were observed for the cold start cycle (WHTC cold: $4.17 \cdot 10^{11} - 4.96 \cdot 10^{11} \text{ kWh}^{-1}$) followed by the WHSC ($4.36 \cdot 10^{10} - 9.78 \cdot 10^{10} \text{ kWh}^{-1}$). One objective is the investigation of the difference in particle number and mass for the full flow system to the partial flow system using the two golden systems. Increased particle number (PN) emissions were found for the full flow system compared to the partial flow system. Background concentration are substantially enhanced for the CVS tunnel (Constant Volume Sampler, full flow system) leading to increased particle mass and number concentrations. The golden engine is equipped with a CRT (continuously regenerating trap). This leads to low particle concentrations which were partly in the same range as the background concentrations in the CVS tunnel.

Additionally, two Empa instruments were operated and compared to the GPMS's. A very good agreement was found for the correlation indicating a stable operation of all four instrumentation.

Overall, the Empa measurements showed that there is a very good repeatability for the PMP measurements in particle number using the GPMS.

Zusammenfassung

Das Ziel des Partikelmessprogramms (PMP) unter der Federführung der UN-ECE Expertengruppe für Abgas und Energie (GRPE) besteht in der Entwicklung eines PN (Partikelanzahl) Messsystems, um die Anzahl der nicht-flüchtigen Partikel von Fahrzeugabgasen bestimmen zu können. Das PN Messsystem soll zukünftig die Messung der Partikelmasse ergänzen und/oder ablösen.

Während des PMP Heavy-Duty Programms zirkulierte ein „Goldener Motor“ und zwei „Goldene Messsysteme“ (GPMS) zwischen fünf Instituten (JRC, AVL-MTC, Ricardo, UTAC und Empa), um die Wiederholbarkeit als auch die Reproduzierbarkeit der Partikelanzahlmessungen zu untersuchen.

An der Empa wurden die Untersuchungen für das Heavy-Duty PMP Projektes (HD-PMP) vom 01. Juli bis 10. Juli 2009 durchgeführt. Die Ergebnisse wiesen eine gute Wiederholbarkeit der Zyklen auf. Folgende Zyklen wurden während acht Tagen gefahren: World Harmonised Transient Cycle hot/cold (WHTCc/h), World Harmonised Steady State Cycle (WHSC), European Transient Cycle (ETC) und European Steady State Cycle (ESC)

Die höchsten Partikelanzahlemissionen traten bei dem Kaltstartzyklus WHTCc ($4.17 \cdot 10^{11}$ – $4.96 \cdot 10^{11}$ kWh^{-1}) gefolgt vom WHSC ($4.36 \cdot 10^{10}$ – $9.78 \cdot 10^{10}$ kWh^{-1}) auf. Ein Ziel der Untersuchung ist unter anderem der Vergleich der Partikelanzahlmessungen zwischen dem Vollstrom- und dem Teilstromverfahren. Dabei werden beide „Goldenen Messsysteme“ eingesetzt. Es wurden erhöhte PN Emissionen für das Vollstromverfahren beobachtet. Vor allem wiesen die Hintergrundkonzentrationen für das Vollstromverfahren hohe Werte auf. Da der „goldene“ PMP Motor mit einem effizienten kontinuierlichen Regenerationspartikelfilter (CRT = continuously regeneration trap) ausgestattet war, befanden sich die Partikelmassenemissionen und für zwei Zyklen auch die Partikelanzahlemissionen im Bereich der Detektionsgrenze. Des Weiteren betrieb die Empa zusätzlich zwei Messsysteme, um diese mit den GPMS Systemen vergleichen zu können. Es konnte eine sehr gute Übereinstimmung zwischen allen Geräten festgestellt werden.

Zusammenfassend kann man sagen, dass während der PMP Messungen an der Empa eine sehr gute Wiederholbarkeit der Partikelanzahlemissionen mit den GPMS festgestellt werden konnte.

Résumé

Le but du Programme de Mesure des Particules (PMP), sous la direction du groupe d'experts pour la pollution et l'énergie de l'UN-ECE, est le développement d'un système de mesure analytique pour mesurer le nombre de particules non volatiles des gaz d'échappement de véhicules. Ce système de mesure doit remplacer, ou compléter la méthode existante de mesure de la masse des particules.

Un « moteur en or » (de référence) et deux « systèmes en or de mesure des particules » (GPMS) ont circulé pendant le programme Heavy-Duty PMP entre cinq instituts (JRC, AVL-MTC, Ricardo, UTAC et Empa) afin d'examiner la répétabilité et la reproductibilité des mesures du nombre de particules.

Les examens pour le projet Heavy-Duty PMP ont été effectués à l'Empa du 1^{er} juillet au 10 juillet 2009. Les résultats ont indiqué une bonne répétabilité des cycles suivants pendant huit jours: World Harmonised Transient Cycle hot/cold (WHTCc/h), World Harmonised Steady State Cycle (WHSC), European Transient Cycle (ETC) et European Steady State Cycle (ESC).

Le nombre le plus haut d'émission de particules a été observé lors du cycle de départ à froid (WHTC cold: $4.17 \cdot 10^{11} - 4.96 \cdot 10^{11} \text{ kWh}^{-1}$) suivi par le WHSC ($4.36 \cdot 10^{10} - 9.78 \cdot 10^{10} \text{ kWh}^{-1}$). Un but de l'examen est entre autres d'examiner la différence entre le nombre de particules et la masse du système de dilution intégrale et partielle en utilisant les deux systèmes « en or ». Il a été observé un nombre élevé d'émission de particules (PN) pour le système de dilution intégrale par rapport au système de dilution partielle. La concentration de fond a avant tout montré une augmentation substantielle pour le tunnel CVS (Constant Volume Sampler, système de dilution intégrale), conduisant à une concentration en masse et nombre de particules plus élevée. Le moteur « en or » étant équipé d'un filtre à particules de type CRT (continuously regenerating trap), ceci a conduit à des concentrations basses de particules qui étaient partiellement du même niveau que les concentrations de fond dans le tunnel CVS. De plus, deux instruments de l'Empa ont été utilisés et ils ont été comparés avec les systèmes GPMS. Une très bonne concordance a été constatée entre tous les instruments.

En résumé, on peut dire que les mesures de l'Empa ont montré une très bonne répétabilité des émissions du nombre de particules mesurées avec le GPMS.

1 Introduction

Aerosol particles are important due to their impact on visibility, climate and especially health (IPCC 2007, Dockery et al. 2009). Road traffic is one of the most important emission sources for primary pollutants. Specifically diesel engines are known to emit large numbers of particulate matter (PM) especially for particle diameters smaller than $2.5\text{ }\mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2.5}$) (Kittelson et al. 2004). Current regulations require the assessment and reduction of the particulate mass emissions from vehicles and engines. Therefore vehicle manufactures are going to equip their vehicles with a diesel particle trap or other after-treatment devices. This leads to efficient removal of particulate emission which can not be detected anymore by just monitoring particle mass on a filter. The particle number is recently being proposed as a new metric (EC 2009) and it is intended to introduce this metric into the actual and upcoming European exhaust emission standards.

The goal of the Particulate Measurement Programme (PMP) Working Group under the auspices of the UN-ECE expert group on pollution and energy (GRPE) is the development of a new particle measurement technique to assess the number of non-volatile particulates, complement or replace the existing filter-based technology. In this regard the focus lies on very small particle number concentration. This technique shall then be used in future for light-duty and heavy duty vehicles.

During the Heavy Duty PMP project (HD-PMP) one engine is circulated around five laboratories (JRC, AVL-MTC, Ricardo, UTAC, and Empa). The goal is to validate the repeatability and reproducibility of the number concentration measurements using the same engine (Golden engine), the same set up, and same instrumentation (Golden Instrument). During the validation inter laboratory test exercise five test cycles are driven for eight days: World Harmonised Transient Cycle cold (WHTCc), World Harmonised Transient Cycle hot (WHTCh), World Harmonised Steady State Cycle (WHSC), European Transient Cycle (ETC), and European Steady State Cycle (ESC) with a defined regeneration at the end of every day. The full flow emission measurement using the constant volume sampler (CVS) is compared to the partial flow measurement. The partial flow system does not require a complex facility as needed for the CVS system and is therefore used frequently by the automotive industry. During this project the difference between both measurement systems is investigated.

For the following described experiment performed at the test bench at Empa measurements for particle number and mass will be presented and discussed. Beside the golden instruments (GPMS = Golden Particle Measurement System) two Empa systems were operated and are compared to each other.

2 Experimental Facilities

2.1 Engine Specification

The “Golden Engine” used at the PMP study is an IVECO Cursor 8 EURO 3 with a continuous regenerating trap (CRT). The engine specifications are presented in Table 2.1.

Table 2.1 Engine Specification

Make and Model	IVECO Cursor 8 (Euro 3)
Engine configuration and capacity	7.8l, 6 cylinder, 4 valves/cylinder
Compression ratio	17 :1
Maximum ratio	260kW @ 1900 to 2400 rpm
Maximum torque	1280Nm @ 1000 to 1900 rpm
After-treatment	Continuous Regenerating Trap (CRT)

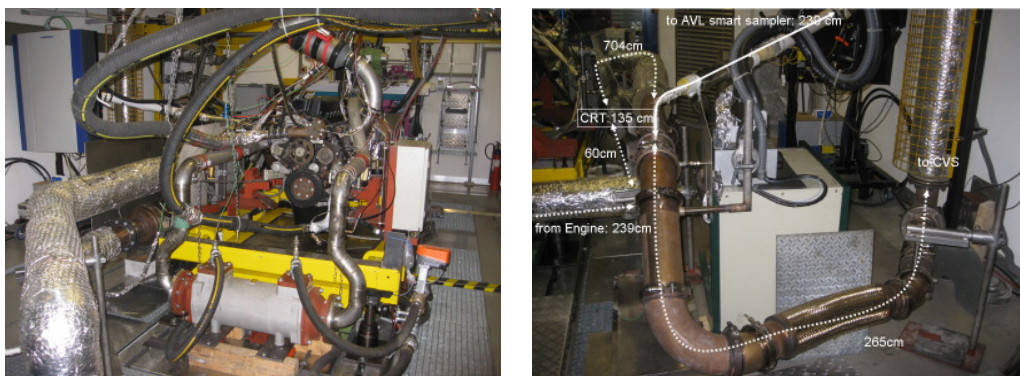


Figure 2.1 Pictures of the engine at the test bench (left panel from the front, right panel from the back with the inlet to the CVS tunnel).

Specified oil and fuel were used as described in Andersson et al. 2008. The dynamometer used at Empa is a Schenk/Horiba Model Dynas 680. The model of the CVS tunnel from Pierburg is a CVS/PDP-120WT.

2.2 Sampling Set Up and Conditions

Measurements were performed using the full flow (CVS) and partial flow (AVL Smart Sampler) system.

2.2.1 Full Flow System (CVS)

To dilute the total exhaust a tunnel with a constant dilution flow is used (CVS = Constant Volume Sampler). The Empa is equipped with a CVS/PDP-120WT (PDP = Positive Displacement Pump) with a length of 4.65 m, diameter 0.45 m, and a fixed flow rate of 80 m³/min. The residence time of the exhaust is 0.43 s.

Two inlet probes were used one for the secondary dilution tunnel (made by Pierburg with a flow range of 40 NI/min) for the particulate mass and the other one for the golden instrumentation (HORIBA system spcs-19). Parallel measurements were performed with an Empa system (see Section 2.3).

Note that all particle measurements are PM_{2.5} measurements. Solely, particles smaller than 2.5 µm are collected.

2.2.2 Partial Flow System (CVS)

The AVL Smart Sampler is a partial flow tunnel for measuring particulate mass. Only a small fraction (split ratio 0.0622 %) is extracted of the total exhaust into a small tunnel plus dilution air which is conditioned by the system. Therefore the partial flow system simulates the operation of the full dilution tunnel by sampling a constant ratio of the exhaust flow. The dilution air flow rate changes whereas the total flow rate remains constant. The residence time of the sampled exhaust is 0.49 s in the Smart Sampler.

- Particulate Mass

The gravimetric measurements were performed at the same conditions as for the full flow system. Same filters were used. The filter face velocities were 0.54 m/s.

- Particulate Number

An ad-on sampling device to the AVL Smart Sampler allows adding further instrumentation as in this case the second GPMS "spcs20". For the spcs20 the following settings were applied: primary dilution ratio 10, primary dilution air 11.5, secondary dilution ratio 15 and secondary dilution air 10.5.

2.3 Particle Number Sampling for Empa Systems

The Empa systems consist of two injector dilutors, evaporation tube and a Condensation Particle Counter (CPC). The aerosol is diluted by a heated dilution injector (Palas VKL-10E, 150°C) fed into an evaporation tube (heated to 350°C) and sampled by a CPC after being diluted a second time (injector dilutor Palas VKL-10). The dilution ratio for the system is therefore fixed (~111).

The particle concentration reduction factor (PCRF) calibration method was performed using sodium chloride (NaCl/H₂O) particles. The reduction factors were in the acceptable range as required (AEA 2006) but not accounted for in the presented results. In the following the Empa system measuring at the CVS tunnel will be named "Empa CVS" and the second system measuring after the CRT will be called "Empa direct".

2.4 PMP Schedule

The PMP schedule is presented in Table 2.2. The measurements are eight times repeated. Starting day zero includes an oil conditioning with 2h ESC at mode 10 followed by 3 times ETC. The measurements were performed from 01.07.2009 – 10.07.2009 with day zero performed on 30.06.2009.

WHTCc, WHTCh, WHSC, ETC, and ESC were driven. The WHTC (cold and hot) represents a dynamic cycle based on the world-wide pattern of real heavy commercial vehicle. The WHSC is the hot started steady state cycle. The ETC and ESC are the European version of the World cycles with slight differences. The differences between the ETC and the WHTC are that the average engine and load are different, the WHTC includes an additional test with cold start and has a hot soak period before the hot test (Verbeek et al. 2008).

Table 2.2 Test cycles and daily procedure (taken from Andersson et al. 2008) are presented. Note that every day a background measurement was performed for 30 minutes before starting with the test cycles.

Previous lab	Day0	Day 1-7	Day 8
	Oil change	IFV	IFV
	2h ESC Mode 10	Cold WHTC	Cold WHTC
	3 x ETC	10 minute soak	10 minute soak
		Hot WHTC	Hot WHTC
		10 minutes at WHSC mode 9	10 minutes at WHSC mode 9
		WHSC	WHSC
		CP	CP
		ETC	ETC
		ESC	ESC
*2 hours at ESC Mode 10	Precon	Precon	*2 hours at ESC Mode 10

ESC – European Steady State Cycle for emissions measurements [30 min]

ETC – European Transient Cycle for emissions measurement [30 min]

WHTC – World Harmonised Steady State Cycle for emissions measurements [30 min]

WHTC – World Harmonised Transient Cycle for emissions measurement [30 min]

IFV – Instrument Functional Verification

CP- Continuity Protocol

Precon – 15 minutes ESC mode 10, 30 minutes ESC mode 7

* DPF regeneration only required if oil change and conditioning not performed

Table 2.3 Overview of the measurements performed at Empa.

Date	Day	Comments
30.06.2009	Day zero	
01.07.2009	Day one	
02.07.2009	Day two	
03.07.2009	Day three	Problems with spcs19 : BG30 not valid, valve closed in front of inlet at CVS. HEPA filter broken at spcs19 (too high pressure) before start of WHSC
06.07.2009	Day four	
07.07.2009	Day five	
08.07.2009	Day six	Problems with reference gravimetric filter (temperature), filter system cooled down, hotter periods before
09.07.2009	Day seven	
10.07.2009	Day eight	ESC 2 hours

2.5 Gaseous Pollutants

Measurements of gaseous pollutants (CO_2 , THC, NO_x , and CO) have been performed for the raw exhaust pipe line and at the CVS tunnel. An infrared analyser (Signal Series 2000), an absorption infrared analyser (AIA-72x), a flame ionisation detector (FID-725A), and a chemiluminescence analyser (CLA-755A) was used for the detection of CO_2 , CO, HC, and NO_x .

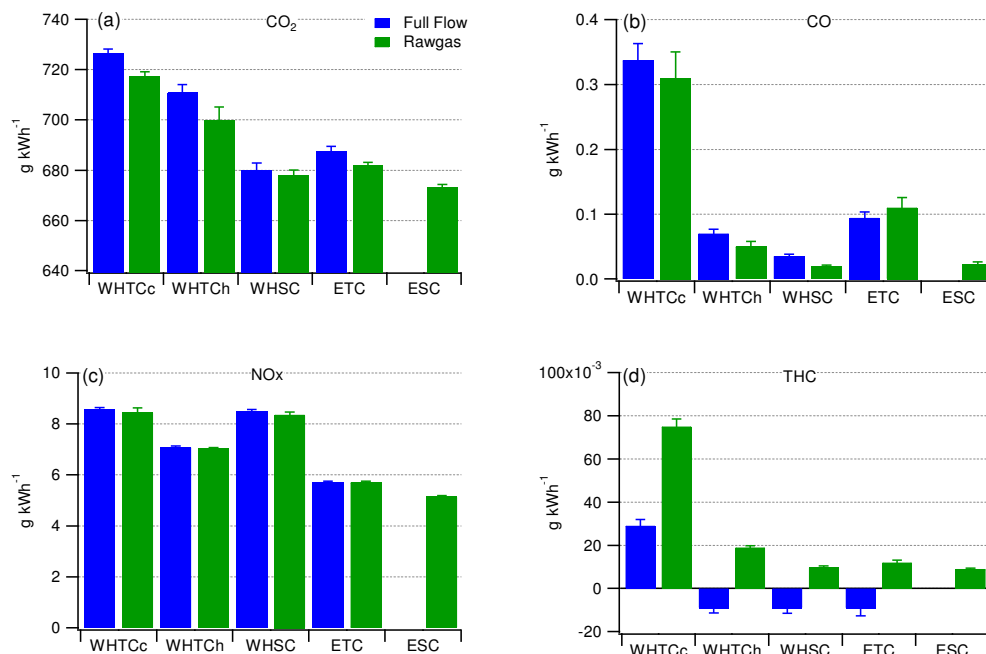


Figure 2.3 Average (a) CO_2 , (b) CO, (c) NO_x , and (d) THC emissions presented for the five test cycles. There were no measurements performed for the ESC cycle for the full flow system line. Error bars denote 1s.

Comparisons of full- to partial flow system exhibit similar values for CO_2 and NO_x emissions (Figure 2.3a and 2.3c). THC measurements are significantly lower for the full flow system. Note that the values are negative due to background compensation (Figure 2.3d). Condensation leads to a reduction of these gaseous species to the CVS tunnel wall. In particular for the hot cycles the concentration becomes extremely low such as the detection gets difficult. The average CO measurements exhibit occasionally increased and decreased values for the full flow line compared to the partial flow line. This can be explained by instrumental monitoring near the detection limit of CO.

3 Results and Discussion

3.1 Differences in Particle Emission for Full- and Partial Flow

One goal of the PMP project is to compare the measurement system of full- and partial flow to each other. The full flow system is a system which needs a complex facility. The partial flow system has the advantage that it can be as a whole more easily set up in a laboratory to perform emission measurements. In Figure 3.1 comparison of the average particulate mass and number for each cycle of full- and partial flow are presented as well as the background values.

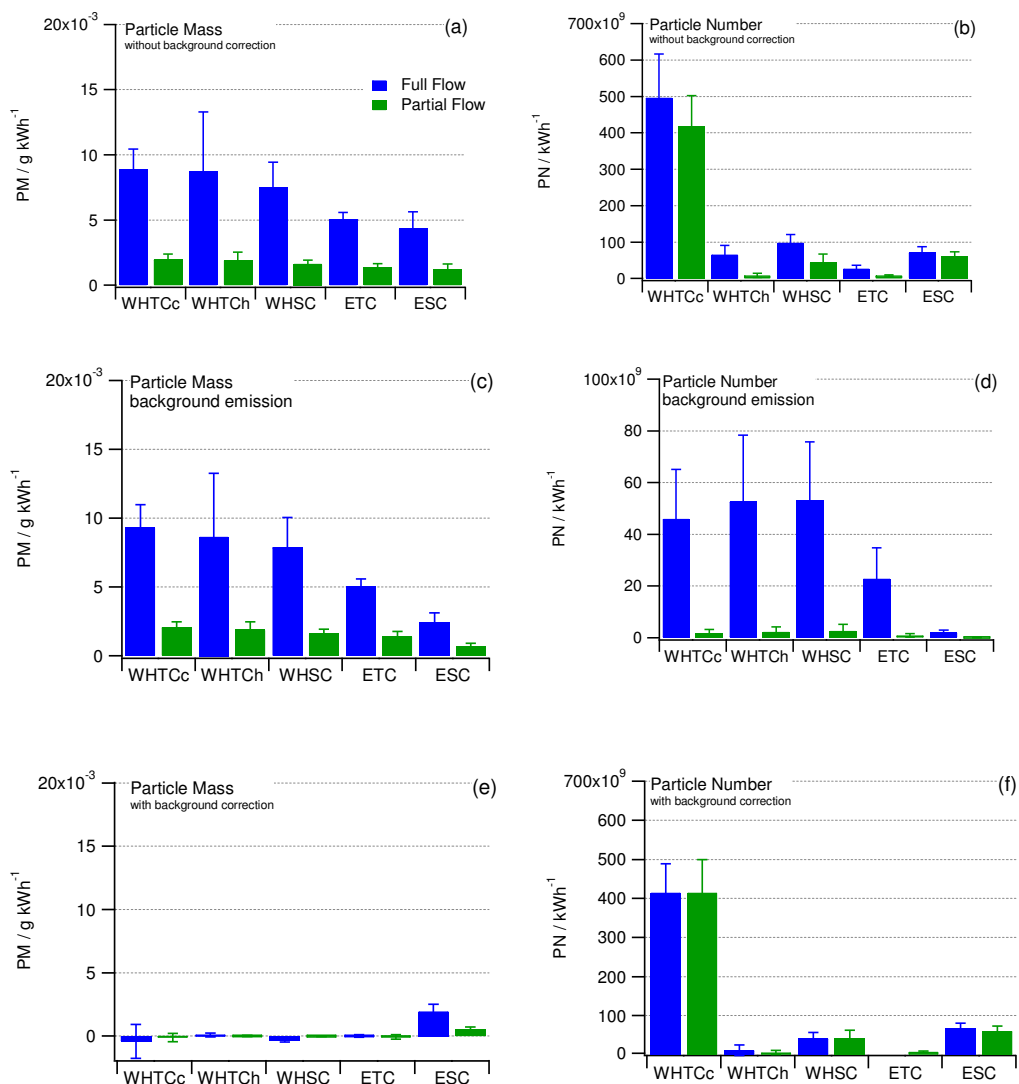


Figure 3.1 (a) presents average PM emission for full flow (blue bar) and partial flow system (green bar) for all five cycles (b) presents the PN emission for both flow systems both without background correction. Background emissions are depicted in (c) for particle mass and in (d) for particle number. (e) and (f) depict PM and PN with background correction. Note that the scale is the same for (a), (c) and (e) whereas the scale for (b), (d) and (f) is different. The uncertainty was calculated as 1s.

As seen in Figure 3.1a the partial flow system detects lower particle mass values compared to the CVS tunnel. However, it is observed that the background emissions (Figure 3.1c) are in the same range as the particle emissions without background correction (Figure 3.1a) indicating that the mass emission are too low to be detected. Due to

contamination of the CVS tunnel the full flow background values are largely increased (see Figure 3.1c) compared to the partial flow system. This is clearly seen in Figure 3.1(e).

In Figure 3.1b and 3.1d average particle number is presented for the measurement as well as for the background experiments. After the engine has warmed up the number emission is significantly reduced as seen in Figure 3.1b (WHTCc to WHTCh). Overall, the full flow emissions are for the particle number slightly increased compared to the partial flow system. The reason for this can be seen in Figure 3.1d. The background particle number emissions are relatively large for the full flow system. In particular for the hot cycles the measurement values approach the background values. In Table 3.1 particle number emissions are presented with the detection limit (three times the standard deviation). The detection limit is reached for the WHTCh and ETC cycle for the full flow system.

Table 3.1 Particle number emission and detection limit ($DL = 3 \cdot \text{standard deviation } (\sigma)$) for full flow and particle partial flow system.

average	Full Flow (spcs19) / kWh		Partial Flow (spcs20) / kWh	
	PN	DL ($3 \cdot \sigma$)	PN	DL ($3 \cdot \sigma$)
WHTCc	4.96E11	3.89E10	4.17E11	4.33E9
WHTCh	6.51E10	7.02E10	8.46E9	5.69E9
WHSC	9.78E10	6.2E10	4.36E10	7.36E9
ETC	2.68E10	3.52E10	8.15E9	1.95E9
ESC	7.22E10	4.54E10	6.08E10	3.79E10

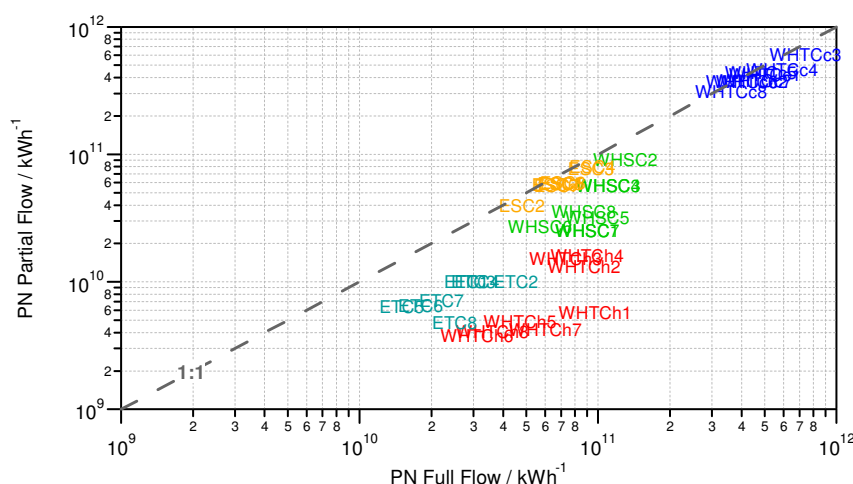


Figure 3.2 Average PN emissions for each cycle for partial flow versus full flow. Each point stands for one measurement. The number following the cycle name represents the measurement day.

Up to know average values for the five cycles have been presented. The average PN emission for each cycle driven of partial flow versus full flow is presented in Figure 3.2. Indeed the best accordance of both flow systems is found for the ESC and the WHTCc exhibiting increased particle number concentrations. As already discussed in the case of dynamic cycles with low number concentrations the discrepancy between full- and partial flow systems becomes larger. This can be seen as well in Figure I.1 (Annex) where engine speed, PN emission of each cycle of day 8 is presented.

When approaching low concentration levels the contamination in the CVS tunnel strongly influences the particle emissions measurements in number and mass. This makes detection difficult.

3.2 Differences in Golden and Empa Instrumentation

During the PMP measurements at Empa two additional instruments were operated (see Figure 2.2 dashed box). Note that Empa direct was attached 175 cm downstream of the CRT. The Empa CVS system was set up next to the spcs19 system sampling from the CVS tunnel.

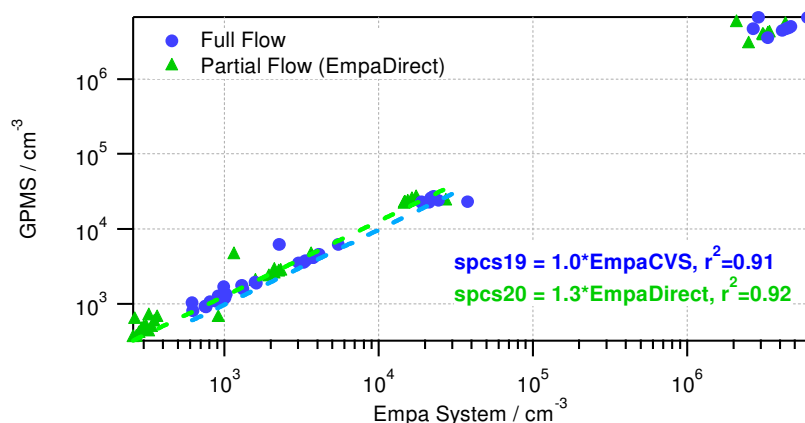


Figure 3.3 Correlation of PN concentration of the GPMS versus Empa system for the full- and partial flow. Orthogonal regression was performed on all data except the ESC data exhibiting increased concentrations. The intercept was forced to zero.

The results show a very good agreement between all four instruments (Figure 3.3). The square of Pearson's correlation coefficient r^2 is 0.91 for the full flow system and $r^2 = 0.92$ for the partial flow system.

Apart from that the slope is 30 % higher for the Empa instrumentation than for the spcs20 in the case of the partial flow system. One reason could be that the dilution ratio of the Smart Sampler (spcs20 line) varies depending on the exhaust mass flow which is as well the case for the CVS tunnel system. If the exhaust mass flow is reduced the dilution air flow is automatically being increased inside the Smart Sampler leading to increased dilution ratio. In this case one approaches the background levels for low concentration levels. By contrast for the Empa direct system the dilution ratio remains constant independent on the exhaust mass flow.

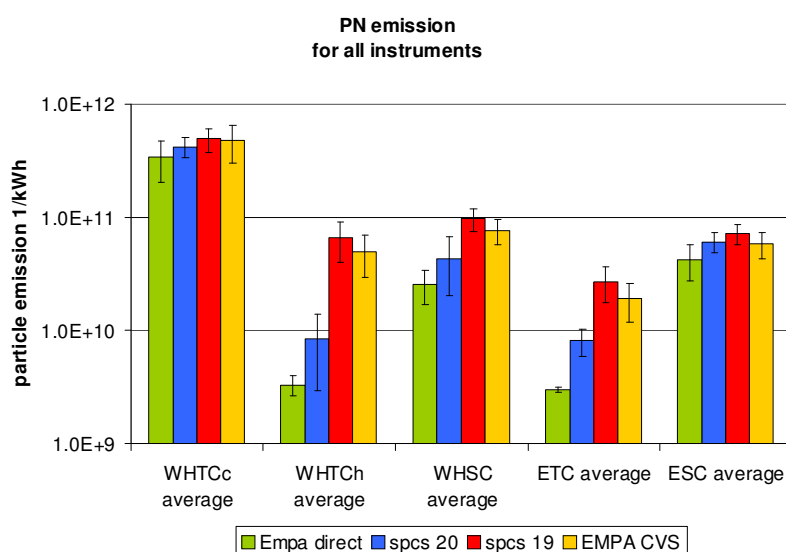


Figure 3.4 PN emissions for all four instruments. The uncertainty was calculated as 1s

In Figure 3.4 bar plots present average PN emissions for all five test cycles. The measurements are in very good agreement for WHTCc and ESC (see also Figure 3.2). For cycles with low concentration the differences between the instruments become larger.

3.3 Daily Variation

The daily procedure (Table 2.2) was performed eight times. One major goal of the PMP measurements is the assessment of the repeatability of the measurements. The results of each day for each cycle are presented for PN in Figure 3.5. The variation of the PN measurements is largest for the WHTCh. A good repeatability can be found for the WHTCc. The standard deviations of all measurement cycles are displayed in Figure 3.1. Overall no real trend can be observed. Note that there is a weekend in between the third and the fourth measurement.

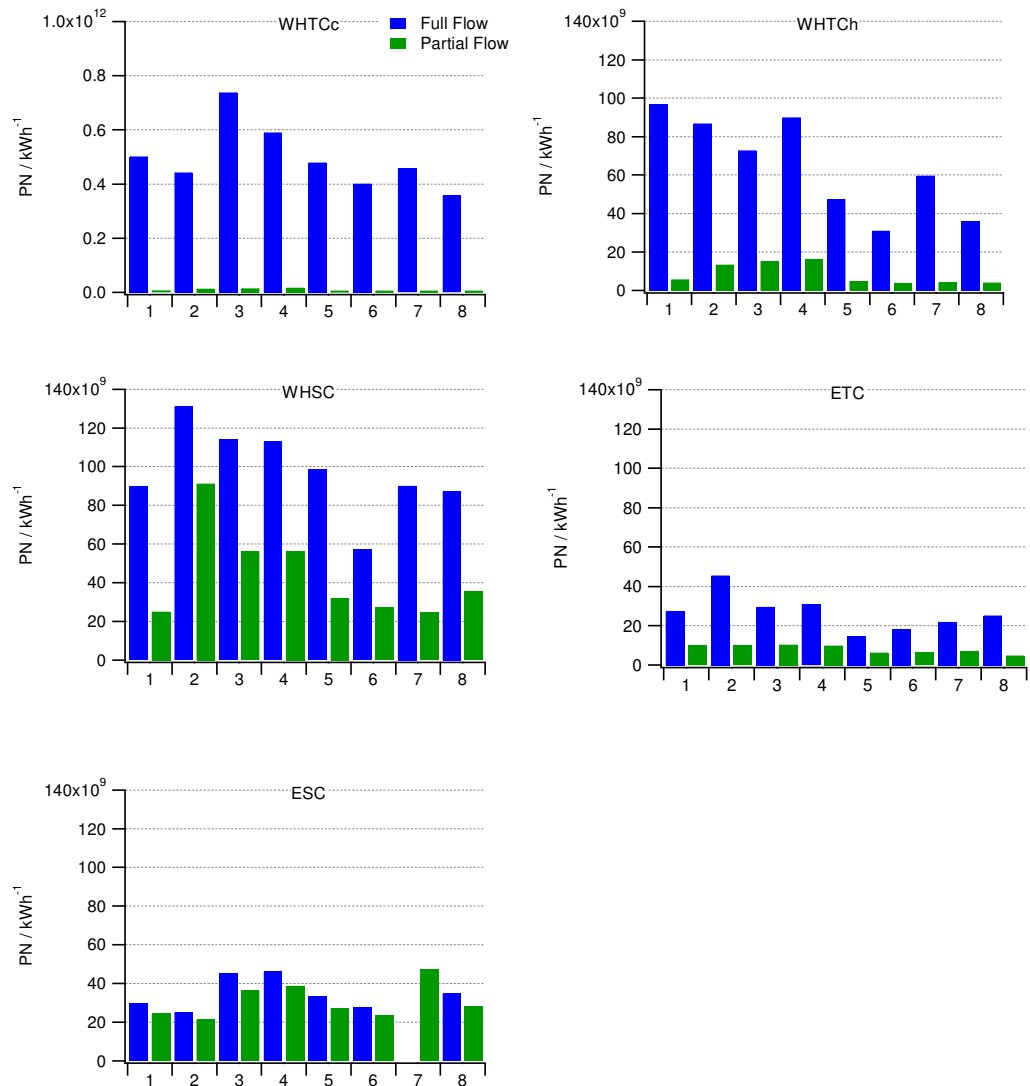


Figure 3.5 Full- and partial flow measurements of WHTCc, WHTCh, WHSC, ETC, and ESC presented for all eight measurement days. Note the 7th day for the ESC (full flow line) is counted as an outlier.

4 Conclusion

The validation exercise tests of the Heavy-Duty PMP project were performed at Empa from 1st to 10th of July 2009. For eight days five driving cycles were driven (WHTC cold, WHTC hot, WHSC, ETC, and ESC) to assess the repeatability of the particle number emission from the golden engine using two golden and two Empa measurement systems.

A good repeatability of the PN emission measurement was observed. The PM emissions were shown to be in the same range as the background emissions due to an efficient CRT equipped to the engine.

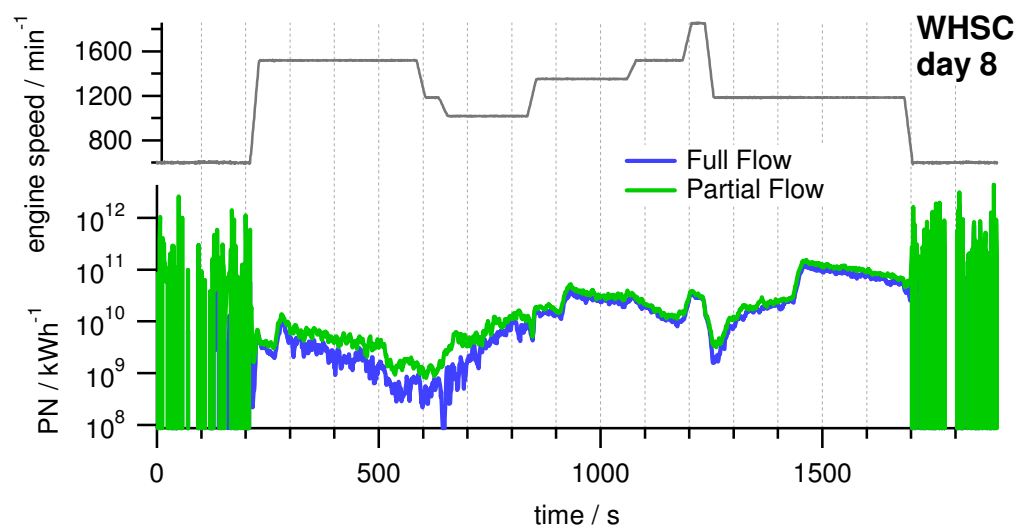
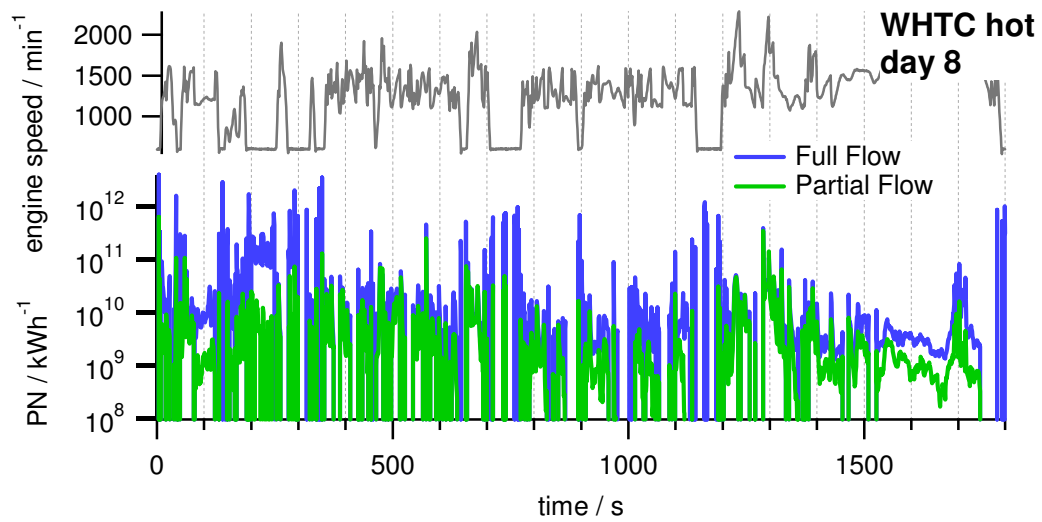
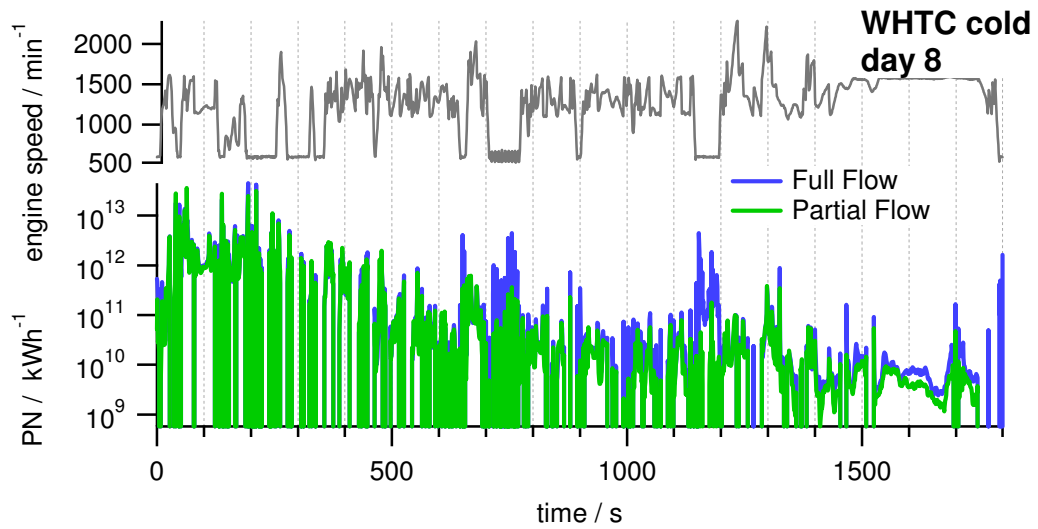
The cold cycle WHTC cold exhibited high particle number emissions with $4.96 \cdot 10^{11} \text{ kWh}^{-1}$ and $4.17 \cdot 10^{11} \text{ kWh}^{-1}$ followed by the WHSC with $9.78 \cdot 10^{10} \text{ kWh}^{-1}$ and $4.36 \cdot 10^{10} \text{ kWh}^{-1}$ for full- and partial flow system, respectively. Large background values were observed for PN for the full flow system. The results indicate that both flow systems display similar emission values. However, the increased background concentrations for the full flow system have to be considered when at the end of the project PN is introduced into the actual and upcoming European exhaust emission standards.

Overall, the presented high correlations of all four instruments (GPMS and Empa systems) indicate that the developed analytical golden systems are appropriate to measure particle number.

Annex

I	Cycles	23
----------	---------------------	-----------

I Cycles



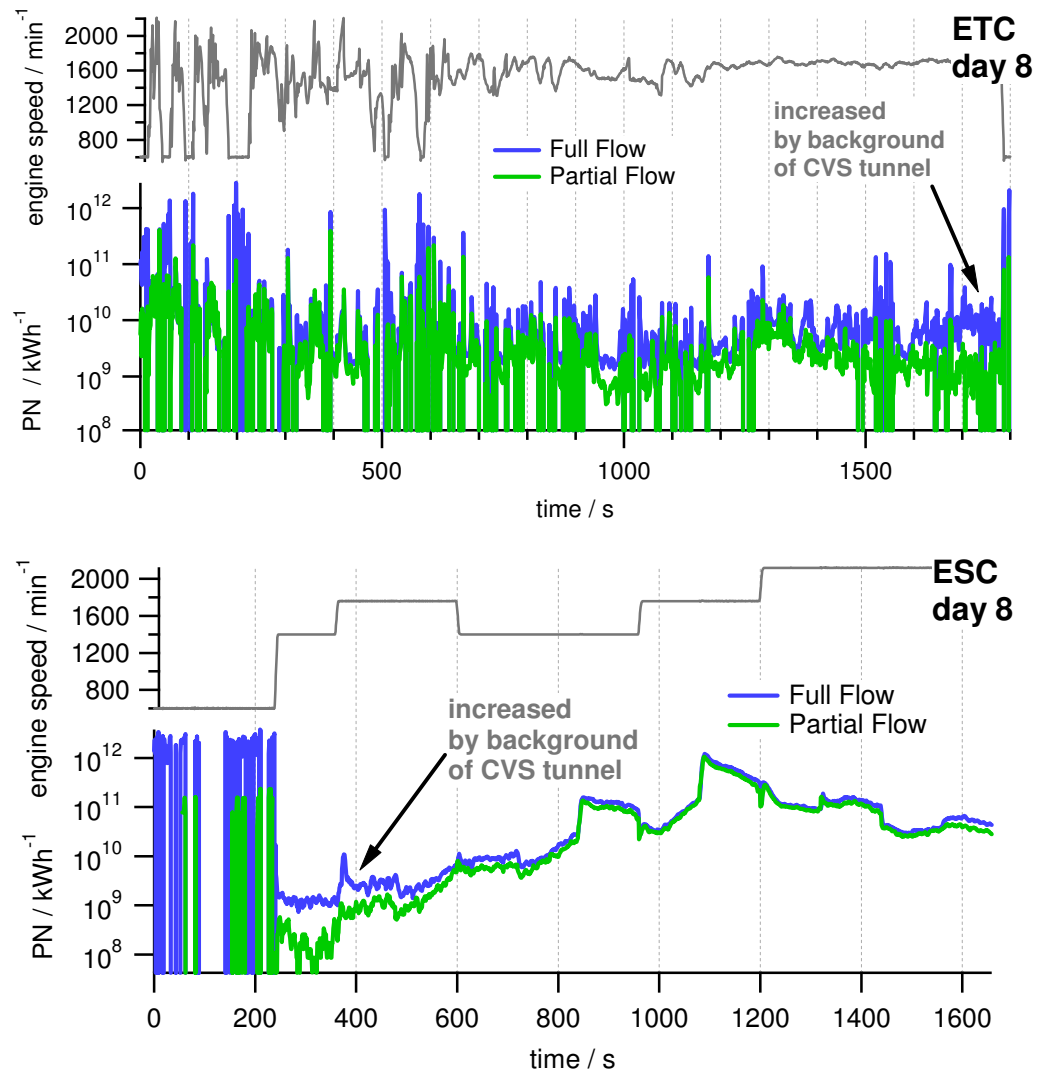


Abb. I.1 Particle number emissions for full- (blue line) and partial (green line) flow system versus time for the measurement at day 8 for all cycles. Note the y-axis for PN is in log scale and not uniform for all graphs.

Abbreviations

Symbol	Term
BG	Background
CP	Continuity Protocol
CRT	Continuously Regeneration Trap
CVS	Constant Volume Sampler
Dil	Dilution
DPF	Diesel Particle Filter
ESC	European Steady State Cycle
ET	Evaporation Tube
ETC	European Transient Cycle
GPMS	Golden Particle Measurement System
GRPE	Expert Group on Pollution and Energy
HEPA	High Efficiency Particulate Air Filter
HD-PMP	Heavy-Duty Particle Measurement Programme
IFV	Instrument Functional Verification
LEPA	Low Efficiency Particulate Air Filter
PDP	Positive Displacement Pump
PMP	Particle Measurement Programme
PM	Particle Mass
PM2.5	Particle Mass smaller than 2.5 µm in particle diameter
PN	Particle Number
Precon	Precondition
spcs	Solid Particle Counting System
WHSC	World Harmonised Steady State Cycle
WHTC c	World Harmonised Transient Cycle cold
WHTC h	World Harmonised Transient Cycle hot
UN-ECE	United Nations Economic Commissions for Europe

References

AEA 2008	Energy & Environment 2007. Volatile Particle Remover Calibration and Validation Procedures, United Kingdom.
Andersson et al. 2008	UN-GRPE PMP Phase 3 Inter-laboratory Correlation Exercise: Updated Framework and Laboratory Guide for Heavy Duty (HD) Engine Testing A Document For the UK Department for Transport. Ricardo Consulting Engineers, United Kingdom.
Dockery et al. 2009	Health Effects of Particulate Air Pollution. Ann Epidemiol, 19, 257-263, 2009.
European Union 2009	Regulation (EC) No 595/2009 of the European Parliament and of the Council of 18 June 2009 on type-approval of motor vehicles and engines with respect to emissions from heavy duty vehicles (Euro VI) and on access to vehicle repair and maintenance information and amending Regulation (EC) No 715/2007 and Directive 2007/46/EC and repealing Directives 80/1269/EEC, 2005/55/EC and 2005/78/EC (OJ L 188 of 18 July 2009, p.1), available at: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:188:0001:0013:EN:PDF and corrigendum (OJ L 200 of 31 July 2009, p.52), available at: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:200:0052:0052:EN:PDF .
IPCC 2007	The physical basis of climate change. Geneva, Switzerland, available at: http://www.ipcc.ch , Working Group I.
Kittelson et al. 2004	Nanoparticle emissions on Minnesota highways. Atmospheric Environment, 38(1):9-19.
Verbeek et al. 2008	Correlation Factors between European and World Harmonised Test Cycles for heavy-duty engines. TNO Science and Industry, Delft.

Projektabschluss

Formular 3 ARAMIS SBT als PDF (Das Formular einscannen, dann das PDF öffnen und dann mit dem Schnappschuss-Werkzeug (Fotoapparat) die Seiten markieren und dann im hier einfügen).



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

Beurteilung der Begleitkommission:

Diese Beurteilung der Begleitkommission ersetzt die bisherige separate fachliche Auswertung.

Beurteilung:

Die Untersuchung stellt einen wichtigen Beitrag im Kontext der fünf beteiligten Institute dar, gilt doch die Empa als fachlich hochqualifiziert und zugleich neutral. Gerade diese zweite Eigenschaft wirkt sich bei internationalen Projekten, wie hier bei HD-PMP, positiv aus. Die Untersuchungen wurden fachlich kompetent und mit dem notwendigen Know-how, während acht Tagen, im vorgesehenen Tages-Zeltraster durchgeführt.

Die Durchführung der Testläufe erfolgte unter grossem zeitlichem Druck, da vorgängig unerwartete und langwierige Verzögerungen im Projektablauf auftraten – die Testläufe waren ursprünglich für Oktober-November 2008 vorgesehen gewesen – und wurden kurz vor dem eigentlichen Start zusätzlich durch eine massive Panne im Hauptgebläse des Vollstrom-Verdünnungstunnels gefährdet. Trotzdem konnten die Testläufe schlussendlich, wie vorgesehen, stattfinden.

Umsetzung:

Die Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse liegt primär auf internationaler Ebene. Die gewonnenen Erkenntnisse, die Messsysteme und die Messzyklen werden in die zukünftige internationale Fahrzeug-Abgasgesetzgebung, im Rahmen des Weltforums zur Harmonisierung fahrzeugtechnischer Vorschriften (World Forum for Harmonisation of Vehicle Regulations; WP.29) der Europäischen Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen (UNECE), einfließen. Es ist vorgesehen, dass die Schweiz als Mitgliedsland im 1958er-ECE-Abkommen die Vorschriften, zeitgleich wie die Europäische Union, übernehmen wird.

weitergehender
Forschungsbedarf:

Fahrzeugmotoren und die damit verbundenen Abgasentgiftungstechnologien unterliegen ständiger Forschung. Die hier gewonnenen Erkenntnisse sind ein Baustein, hin zu noch schadstoffärmeren und gleichzeitig verbrauchsgünstigeren und effizienteren Motoren.

Einfluss auf
Normenwerk:

Die gewonnenen Erkenntnisse, die Messsysteme und die Messzyklen werden in die zukünftige internationale Fahrzeug-Abgasgesetzgebung, im Rahmen des Weltforums zur Harmonisierung fahrzeugtechnischer Vorschriften (World Forum for Harmonisation of Vehicle Regulations; WP.29) der Europäischen Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen (UNECE), einfließen (UNECE-Reglement Nr. 49 sowie Global Technical Regulation Nr. 4).



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

Präsident Begleitkommission:

Name:	Berger	Vorname:	Heinz
Amt, Firma, Institut:	Bundesamt für Strassen (ASTRA)		
Strasse, Nr.:	Abt. Strassenverkehr / Fahrzeuge		
PLZ:	3003	Email:	heinz.berger@astra.admin.ch
Ort:	Bern	Telefon:	031 323 42 26
Kanton, Land:	Schweiz	Fax:	031 323 43 02

Unterschrift Präsident Begleitkommission:

H. Berger 11.05.2010

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Alte Nr.	Titel	Datum
1095	ASTRA 2002/005		Intervention bei Bränden in Strassentunneln <i>Interventions lors d'incendies dans les tunnels routiers</i>	2005
1096	SVI 1999/310		Wirkungsketten Verkehr—Wirtschaft <i>Interactions entre le transport et l'économie</i>	2005
1097	SVI 1999/322		Spezialisierung und Vernetzung : Verkehrsangebot und Nachfrageentwicklung zwischen den Metropolitänräumen des Städtesystems Schweiz <i>Spécialisation et interconnexion: Offre de transport et évolution de la demande entre les espaces métropolitains du réseau urbain Suisse</i>	2005
1098	SVI 2001/525		Standards für intermodale Schnittstellen im Verkehr <i>Standards pour les interfaces intermodales en matière de transport</i>	2004
1099	VSS 1998/078	(17/98)	Evacuation des eaux de chaussées Bases de calcul du débit (2ème partie) <i>Strassenbewässerung Grundlagen und Abflussberechnung</i>	2005
1100	SVI 2001/553		Cleaner Drive Hindernisse für die Markteinführung von neuen Fahrzeug-Generationen	2004
1101	VSS 2001/602		Critères d'opportunité et de choix des installations automatiques de déverglacages <i>Zweckmässigkeits- und Auswahlkriterien für automatische Taumittelsprühanlagen</i>	2005
1102	VSS 2000/340		Standardisierte Erfassung des Gesamtverkehrsaufkommens von einzelnen Verkehrserzeugern <i>Enregistrement standardisé du volume de trafic global à partir de générateurs individuels de trafic</i>	2004
1103	VSS 1997/046	(03/97)	Einfluss von Änderungen des Parkierungs-Angebotes auf das Verkehrsverhalten <i>Influence de changements dans l'offre de stationnement sur le comportement</i>	2004

1104	VSS 2000/366		Parkplatzbedarf und -angebot für Personenwagen <i>Besoin et offre en cas de stationnement pour les voitures de tourisme</i>	2004
1105	SVI 2000/446	(74/00)	Spezifische Anforderungen an Autobahnen in städtischen Agglomerationen <i>Specificités autoroutières dans les agglomérations urbaines</i>	2004
1106	SVI 1999/312		Instrumente für die Planung und Evaluation von Verkehrssystem-Management-Massnahmen <i>Instruments de planification et d'évaluation des mesures de gestion de systèmes de transport</i>	2004
1107	VSS 1999/270		Vorbereiche vor Tunneln auf Autobahnen <i>Zones d'approche des tunnels d'autoroutes</i>	2005
1108	VSS 2002/703		Abschätzung des durchschnittlichen jährlichen Wertverlustes von kommunalen Strassennetzen <i>Estimation de la dépréciation moyenne annuelle d'un réseau de routes communales</i>	2005
1109	VSS 1999/293		Optimierungsprozesse im Management der Strassenerhaltung (MSE) <i>Processus d'optimisation dans le cadre du Système de Gestion de l'Entretien Routier</i>	2005
1110	VSS 1998/184		Signalisation variable (de danger et de prescription) Panneaux à messages variables <i>Vorschrifts- und Gefahren-Wechselsignale</i> <i>Wechseltextanzeigen</i>	2005
1111	SVI 1999/143		Trafic de support logistique de grandes manifestations <i>Betriebsverkehr von Grossanlässen</i>	2005
1112	VSS 1998/085	(26/98)	Bestimmung des Wassersättigungsgrades von Walzasphalt <i>Détermination du degré de saturation en eau des enrobés</i>	2004
1113	VSS 1998/196		Einsatz gelb hinterlegter Signale <i>Implantation de signaux sur fond jaune</i>	2005
1114	VSS 1999/246		Wirksamkeit des Winterdienstes <i>Efficacité du service hivernal</i>	2005

1117	VSS 2002/201		Unfälle beim Transport wassergefährdender Flüssigkeiten <i>Accidents routiers avec des liquides polluant l'eau</i>	2005
1115	SVI 2001/507		Angebote und Erfolgskriterien im nächtlichen Freizeitverkehr <i>Trafic de loisirs nocturne</i>	2005
1118	VSS 1999/307		Systeme für die Fahrzeugführerunterstützung zur Erhöhung der Verkehrssicherheit <i>Wirksamkeit und Eignung</i> <i>Systèmes d'assistance au conducteur destinés à l'amélioration de la sécurité routière</i>	2005
1119	VSS 2000/365		Geometrie der Parkieranlagen <i>Géométrie des installations de stationnement</i>	2005
1120	SVI 2001/514		Untersuchung der Stabilität des Verkehrsverhaltens <i>Etude de la stabilité des comportements de déplacements</i>	2005
1121	VSS 2001/202		Bankette bestehender Strassen <i>Bas-cotés de routes existantes</i>	2006
1122	VSS 2000/342		Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr <i>Analyses coûts/avantages du trafic routier</i>	2006
1123	VSS 1998/188		Essais croisés interlaboratoires en mécanique des sols et des roches <i>Ringversuche in Boden- und Felsmechanik</i>	2006
1124	VSS 1999/127		Baustellen an Hochleistungsstrassen <i>Chantiers sur routes à grand débit</i>	2006
1125	VSS 2002/705		Sicherheit von Kabelanlagen <i>Sécurité dans les installations de câblage</i>	2006
1126	VSS 2002/407		Complément d'essais Los Angeles en vue de l'introduction de la norme européenne EN 13043 relative aux granulats <i>Ergänzungsversuch Los Angeles zur Einführung der Europäischen Norm EN 13043 entsprechend den Granulaten</i>	2006

1127	VSS 1998/189		Ausgestaltung von Terminals für den (unbegleiteten) kombinierten Ladungsverkehr <i>Aménagement de terminaux pour le transport combiné (non accompagné)</i>	2006
1128	VSS 1998/193		Verkehrsbeeinflussung an Kreiseln <i>Influencer le trafic dans les giratoires</i>	2006
1129	VSS 2000/353		Flächendeckende Verdichtungskontrolle (FDVK) mittels bodenmechanischer Materialkenngrößen <i>Contrôle continu du compactage (CCC) à l'aide de paramètres géotechniques</i>	2006
1130	ASTRA 2002/011		Bewertung von Qualitätsmerkmalen im Güterverkehr <i>Evaluation des attributs de qualité dans le transport de marchandise</i>	2006
1131	SVI 1999/329		Vor- und Nachlauf im kombinierten Ladungsverkehr <i>Parcours initiaux et terminaux dans le transport combiné</i>	2006
1132	SVI 2001/519		Finanzielle Anreize für effiziente Fahrzeuge- Eine Wirkungsanalyse der Projekte VEL2 (Tessin) und NewRide in Basel und Zürich <i>Incitations Financières pour Véhicules Economes Une analyse de l'efficacité des projets VEL2 (Tessin) et NewRide (Bâle et Zürich)</i>	2006
1133	VSS 1999/285		Remplacement de l'essai oedométrique standard (oedomètre incrémental) par l'essai CRS (Constant Rate of Strain) <i>Ersetzung von Standard-Oedometerversuchen (Incremental-Oedometer) durch CRS-Oedometer- versuche</i>	2006

1134	VSS 1993/012		Druckfestigkeit von Gesteinskörnungen am Haufwerk <i>Résistance à la compression des granulats en vrac</i>	2006
1135	VSS 1999/259		Développement de modèles suisses pour la prédic- tion de la demande en transport pour des applications en temps réel <i>Schätzung Schweizer Verkehrsnachfragemodelle unter Berücksichtigung von Telematiksystemen</i>	2004
1136	SVI 2001/535		Reduktionsmöglichkeiten externer Kosten des MIV am Beispiel des Förderprogramms VEL2 im Kanton Tessin <i>Réduction des coûts externes du trafic individuel routier: le cas du programme de promotion VEL2 au Tessin</i>	2006
1137	VSS 2003/201		Diskontsatz in Kosten-Nutzen-Analysen im Verkehr <i>Taux d'actualisation pour les analyses coûts/avantages du trafic</i>	2006
1138	VSS 1998/070		Einfluss schweizerischer Filler auf die Alterung von bituminösen Bindemitteln und die Rissbildung im Belag <i>Influence des filliers suisses sur le vieillissement des liants bitumineux et la formation des fissures dans le revêtement</i>	2006
1139	SVI 2001/509		Nachhaltigkeit im Verkehr Indikatoren im Bereich Gesellschaft <i>Développement durable dans le trafic Indicateurs sociaux</i>	2005
1140	VSS 1999/292		Zerfallzyklen von EM-Anlagen <i>Durée de vie des installations électromécaniques</i>	2005

1141	VSS 2000/544		Erhaltungsmanagement: Gesamtbewertung der Fahrbahnen, Substanz- und Gebrauchswert <i>Gestion de l'entretien: Evaluation globale des chaussées, valeur intrinsèque et d'usage</i>	2006
1142	ASTRA 2000/421-1		Modélisation des charges d'essieu <i>Modellierung der Axlasten</i>	2005
1143	ASTRA 2000/421-2		Formulation et optimisation des formules d'enrobés <i>Mischrezeptur und Optimierung der bituminösen Mischgute</i>	2005
1144	ASTRA 2001/016		Evolution et impact des systèmes de navigation dynamique multimodale en Suisse <i>Entwicklung und Auswirkung von multimodalen dynamischen Navigationssystemen in der Schweiz</i>	2005
1145	SVI 2000/378		Früherkennung von Entwicklungstrends zum Verkehrsangebot <i>Identification précoce des tendances évolutives en matière d'offre de transport</i>	2005
1146	SVI 2001/503		Erhebung des Fuss- und Veloverkehrs <i>Enquête sur le trafic piétonnier et cycliste</i>	2005
1147	ASTRA 2001/058		Schadstoffe im Strassenabwasser einer stark befahrenen Strasse und deren Retention mit neuartigen Filterpaketen aus Goetextil und Absorbermaterial <i>Polluants dans les eaux de ruissellement d'un tronçon de route avec trafic intense et leur traitement innovateur avec géotextile et absorbant granulé</i>	2006

1148	VSS 2000/364		Metaroute Gestion de la qualité des données du repérage spatial et de la géométrie des axes routiers <i>Management der Datenqualität des Raumbezugs und der Geometrie der Strassenachse</i>	2006
1149	VSS 1999/261		Architektur und Zeitaspekte von SVT-Daten <i>Architecture et aspects temporels des données de la télématique routière</i>	2005
1150	VSS 1998/187		Dimensionierung der Fussgängerflächen von Haltestellen des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs <i>Dimensionnement des zones destinées aux piétons aux arrêts des transports publics sur voirie</i>	2006
1151	SVI 2001/545		Publikumsintensive Einrichtungen PE: Planungsgrundlagen und Gesetzmässigkeiten <i>Installations à forte fréquentation: Bases de planification et normes</i>	2005
1152	VSS 2000/360		Besoin en adhérence des revêtements de chaussées <i>Griffigkeitsbedarf von Strassenbelägen</i>	2006
1153	VSS 2000/412		Schweizerisches Handbuch für die Konzeption des Strassenoberbaus <i>Manuel Suisse de conception des chaussées</i>	2005
1154	ASTRA 2001/053		Strassenlärm in grossen Abständen <i>Bruit routier sur des grandes distances</i>	2006
1155	VSS 2001/602		Zweckmässigkeits- und Auswahlkriterien für automatische Taumittelsprühanlagen <i>Critères d'opportunité et de choix des installations automatiques de déverglage</i>	2005
1156	VSS 2002/404		Screening moderner chemisch-physikalischer Analysemethoden für bituminöse Baustoffe <i>Screening des méthodes d'analyse chimico-physiques pour des matériaux bitumineux</i>	2006

1157	SVI 2004/015		Error Propagation in Macro Transport Models <i>La propagation d'erreurs dans les macro modèles de transport</i>	2006
1158	SVI 2003/003		Verkehrstechnische Beurteilung multimodaler Betriebskonzepte auf Strassen innerorts <i>Evaluation technique de concepts d'exploitation multimodaux pour routes urbaines</i>	2006
1159	VSS 2001/505		Geohydraulische Versuche in Fels <i>Essais géohydrauliques dans la roche</i>	2006
1160	OFROU 2003/005		Evaluation de la sécurité du trafic par microsimulation <i>Bewertung der Verkehrssicherheit mit Mikrosimulation</i>	2005
1162	ASTRA 1996/039		Tonminerale und Sulfate als Ursache für druckhaftes Verhalten von Gesteinen Ursachen und Wirkungen des Quellvorganges <i>Les minéraux argileux et les sulfates - origine de pressions développées par des roches</i> <i>Origine et effets du processus de gonflement</i>	2005
1163	VSS 2000/466		Lärmimmissionen von Parkieranlagen <i>Immissions de bruit d'installations de stationnement</i>	2006
1164	SVI 2000/388		Kernfahrbahnen auf Ausserortsstrecken <i>Chaussées à voie centrale banalisée hors des localités</i>	2006
1165	SVI 2002/001		Fussgängerstreifenlose Ortszentren <i>Centres de localité sans passages pour piétons</i>	2006
1166	ASTRA 2004/009		Überprüfung der VSS-Normen hinsichtlich Relevanz und Defiziten bezüglich Verkehrssicherheit <i>Analyse de la pertinence et des insuffisances des normes VSS relativement à la sécurité</i>	2006

1167	SVI 2001/523		Road Pricing Modelle auf Autobahnen und in Stadtregionen <i>Modèles de péages routiers sur les autoroutes et dans les régions urbaines</i>	2006
1168	SVI 2001/524		Entkopplung zwischen Verkehrs- und Wirtschafts- wachstum <i>Découplage entre accroissement du trafic et croissance économique</i>	2006
1169	VSS 1999/265		Systeme für die automatische Verkehrs- überwachung (Monitoring) mit digitaler Bildverarbeitung <i>Systèmes de surveillance automatique du trafic (monitorage) par le traitement digital d'image</i>	2006
1170	VSS 2003/902		Schweizerische Bedürfnisse für den Austausch von Verkehrsinformatonen in Europa <i>Exigences suisses pour l'échange d'information routière en Europe</i>	2006
1171	VSS 1992/005		Kalibrieren, Vergleichen und Harmonisieren der Griffigkeitsmessungen und der Oberflächenrauhig- keits- messungen mit internationalen Institutionen (AIPCR-Ringversuch 1992) <i>Calibrage, comparaison et harmonisation des mesu- res d'adhérence et de la texture des couches de roule- ment avec les institutions internationales</i>	2006
1172	SVI 2004/013		Genderfragen in der Verkehrsplanung Vorstudie <i>Genre et mobilité, étude préliminaire</i>	2006
1173	VSS 1999/240		Vernetzung von Lebensräumen bei der Gestaltung von Verkehrsträgern <i>Les réseaux des habitats lors de l'aménagement des voies de trafic</i>	2006

1174	ASTRA 2006/012		Alpentransitbörse: Untersuchung der Praxistauglichkeit <i>La bourse du transit alpin: Etude de faisabilité pratique</i>	2007
1175	ASTRA 2004/012		Landschaftszerschneidung Schweiz Zerschneidungsanalyse 1885-2002 und Folgerungen für die Verkehrs- und Raumplanung <i>Morcellement du paysage en Suisse Analyse du morcellement 1885-2002 et implications pour la planification du trafic et l'aménagement du territoire</i>	2007
1176	SVI 2002/002		Verfahren zur Berücksichtigung der Zuverlässig- keit in Evaluationen <i>Procédure de prise en compte de la fiabilité dans les évaluations</i>	2007
1177	SVI 2001/504		Überlegungen zu einem Marketingansatz im Fuss- und Veloverkehr <i>Réflexions sur une approche marketing pour le trafic piétonnier et cycliste</i>	2007
1178	SVI 2001/542		Konfliktanalyse beim Mischverkehr <i>Analyse de conflits pour des situations de circulation mixte</i>	2007
1179	ASTRA 2002/012		Wirkung von Schallschirmen bei Inversionslagen und Wind <i>Efficacité des écrans sonores lors d'inversions de température et par temps de vent</i>	2007
1180	VSS 2001/501		Kombinierte Beläge Belagsüberzüge auf Betondecken, Kompositbeläge <i>Structures mixtes Resurfaçages sur chaussées en béton et structures composites</i>	2007

1181	VSS 1999/291		Zustandsbewertung von EM-Anlagen <i>Evaluation de l'état des installations électromécaniques</i>	2007
1182	ASTRA 2000/422		Unterhalt 2000, Forschungspaket 4: Dauerhafte Beläge <i>Unterhalt 2000, paquet de recherche 4: Revêtements durables</i>	2007
1183	VSS 2000/453		Zusammenhang zwischen PAK-Gehalt in teerhaltigem Recycling-Granulat und in den emittierten Dämpfen beim Wiedereinbau <i>Relation entre la teneur en HAP des granulats recyclés renfermant du goudron et celle des vapeurs émises lors de la pose des enrobés</i>	2007
1184	ASTRA 2004/010		Prise en compte du développement durable lors des prestations de recherche et de normalisation de la VSS <i>Einbindung der Nachhaltigkeit in die Normungs- und Forschungsvorhaben des VSS</i>	2007
1185	VSS 1999/280		Mechanical properties of porous asphalt, recommendations for standardization <i>Mechanische Eigenschaften von offenporigem Asphalt, Empfehlungen für die Normierung</i>	2006
1186	VSS 2005/911		Akzeptanz von Mobility Pricing <i>Acception du Mobility Pricing</i>	2007
1187	VSS 2005/912		Bedeutung von Mobility Pricing für die Verkehrsfinanzierung der Zukunft <i>Importance du Mobility Pricing pour le financement futur des transports</i>	2007
1188	VSS 2005/913		Importance de projets pilotes pour le Mobility Pricing <i>Bedeutung von Mobility Pricing Pilotversuchen</i>	2007
1189	VSS 2005/916		Verkehrstechnische Aspekte des Mobility Pricing <i>Aspects techniques de circulation du Mobility Pricing</i>	2007

1190	VSS 2005/917		Auswirkungen des europäischen elektronischen Mautdienstes auf die Schweiz <i>Effets du péage Electronique Européen sur la Suisse</i>	2007
1191	SVI 2005/004		Einbezug von Reisekosten bei der Modellierung des Mobilitätsverhaltens <i>Intégration des frais de déplacements dans la modélisation du comportement de mobilité</i>	2008
1192	VSS 2003/901		Datenverarbeitung für eine verkehrsträgerübergreifende Mobilitätssteuerung <i>Traitement de données pour une gestion de la mobilité basée sur l'interopérabilité des modes de déplacement</i>	2008
1193	ASTRA 2004/008		Swiss Contribution to Eureka Project Logchain Footprint E!2486 <i>Schweizer Beitrag zu Eureka Project Logchain Footprint E!2486</i>	2007
1194	VSS 2005/914		Systemtechnische und betriebswirtschaftliche Aspekte des Mobility Pricing <i>Aspects technologiques et d'exploitation du Mobility Pricing</i>	2007
1195	VSS 2005/503		Lanzeiterfassung des Schichtenverbunds - Relation zwischen Prüfwert nach Einbau und Langzeitverhalten <i>Performance à long termes de la liaison entre les couches des revêtements bitumineux</i>	2007
1196	VSS 1999/277		Prüfung von Haftklebern <i>Preuves du résultat des émulsions pour couches d'accrochage</i>	2007
1197	SVI 2004/096		Ausgestaltung von multimodalen Umsteigepunkten <i>Equipement des points de transfert multimodaux</i>	2007

1198	SVI 2001/539		Überbreite Fahrstreifen und zweistreifige Schmal- fahr- <i>bahnen</i> <i>Voies de circulation extra-larges et chaussées étroites</i> <i>à deux voies de circulation</i>	2007
1199	VSS 2005/204		Externe Kosten im Strassenverkehr: Grundlagen zur Durchführung einer Kosten-Nutzen-Analyse <i>Coûts externes du trafic routier: Principes pour la réalisation d'une analyse coûts/avantages</i>	2007
1200	VSS 2005/205		Ermittlung repräsentativer Betriebskostensätze für Kraftfahrzeuge zur Bewertung von Massnahmen im Strassenverkehr <i>Calcul des coûts unitaires représentatifs d'utilisation des automobiles en vue de l'évaluation des mesures en matière de circulation routière</i>	2007
1201	VSS 2003/601		Optimierung der Verkehrssicherheit und des Ver- kehrs- flusses im Winter durch den Einsatz moderner Kommunikationstechnologie im Strassenbetrieb <i>Optimiser la sécurité et le trafic routier en hiver par l'utilisation de moyens de communication modernes dans la gestion routière</i>	2007
1202	VSS 1999/298		Grundlagen zur Revision der Griffigkeitsnormen <i>Bases pour la révision des normes sur l'adhérence</i>	2007
1203	VSS 2005/304		Verkehrsregelungssysteme- Grundlagen für das Erhaltungsmanagement <i>Les systèmes de régulation du trafic - les bases pour la gestion de l'entretien</i>	2008

1204	SVI 2000/384		Fahrten- und Fahrleistungsmodelle: Erste Erfahrungen <i>Les systèmes de contingentement des trajets: Les premières expériences</i>	2007
1205	FGU 2004/001		Die zerstörungsfreie Untersuchung von Leckstellen in zweischaligen Untertagbauwerken <i>L'étude non destructive de points de fuite dans des ouvrages souterrains à deux parois</i>	2006
1206	ASTRA 2006/019		Short-term Forecasts for Transport Models <i>Prévision à court terme pour les modèles de transport</i>	2007
1207	VSS 2003/602		Sécurité routière: Importance du paysage dans la lisibilité de la route <i>Strassensicherheit: Bedeutung der Landschaftsgestaltung für die Lesbarkeit der Strasse</i>	2007
1208	SVI 2005/005		Quantitative Auswirkungen von Mobility Pricing Szenarien auf das Mobilitätsverhalten und auf die Raumplanung <i>Effets quantitatifs des scénarios du Mobility Pricing sur la mobilité et le développement territorial</i>	2007
1209	VSS 2005/901		Einfluss von Fahrerassistenzsystemen auf die Leistungsfähigkeit von Strassennetzen <i>Influence des systèmes d'assistance à la conduite sur la capacité des réseaux routiers</i>	2008
1210	VSS 2005/915		Organisatorische und rechtliche Aspekte des Mobility Pricing <i>Aspects organisationnels et juridiques du Mobility Pricing</i>	2007
1211	VSS 1998/192		Minikreisel <i>Mini-giratoires</i>	2008

1212	VSS 2007/501		D-A-CH - Forschungsprojekt Nutzungszeiten offenporiger Asphaltdeckschichten <i>D-A-CH - Projet de recherche</i> <i>Durabilité des revêtements en enrobé drainant</i>	2007
1213	VSS 2002/706		NAVAROU Potentiel d'utilisation des données routières de la navigation automobile pour l'entretien routier <i>Potenzial der Nutzung von Fahrzeugnavigationsda-</i> <i>ten</i> <i>für das Strassenverkehrsmanagement</i>	2008
1214	VSS 2004/901		Darstellung und Verwendung von Verkehrssignalen in Strassendatenbanken <i>Implementation and use of traffic signs in road</i> <i>databases</i>	2007
1215	VSS 2000/456		Bewirtschaftungssysteme für Parkieranlagen <i>Concepts de gestion et d'exploitation d'installations</i> <i>de stationnement</i>	2008
1216	VSS 1998/195		Für Motorfahrzeuge und leichte Zweiräder befahrba- re und für den Fussgängerverkehr ganz oder teilweise zugängliche Streifen in der Mitte der Fahrbahn (Mehrzweckstreifen) <i>Voies de circulation en milieu de chaussée desti-</i> <i>nées</i> <i>au trafic motorisé et au trafic des deux-roues légers,</i> <i>partiellement ou entièrement accessibles au trafic</i> <i>des piétons (voies à affectation variable)</i>	2008
1217	SVI 2006/001		Forschungspaket "Güterverkehr", Initialprojekt "Bestandesaufnahme und Konkretisierung des Forschungspakets" <i>Paquet de recherche "transport de marchandises",</i> <i>projet initial "inventaire et concrétisation du paquet</i> <i>de recherche"</i>	2008

1218	VSS 1999/271		Querungen für den Fuss- und leichten Zweiradverkehr <i>Traversées à l'usage des piétons et des deux-roues légers</i>	2008
1219	VSS 2003/603		Faunagerechte Sanierung von bestehende Gewässerdurchlässen <i>Adaptation des voûtages pour la petite faune terrestre et la faune piscicole</i>	2008
1220	VSS 2005/910		Mobility Pricing Synthesebericht <i>Mobility Pricing Rapport de Synthèse</i>	2007
1221	ASTRA 2004/019		Maladies et causes d'absences dans le service d'entretien des routes <i>Diseases and reasons for absences in the road maintenance services</i>	2008
1222	SVI 2004/074		Freizeitverkehr innerhalb von Agglomerationen <i>Trafic de loisirs dans les agglomérations</i>	2008
1223	VSS 2003/302		Auswirkungen und Massnahmen im HVS-Netz bei Rampenbewirtschaftung <i>Répercussions et mesures sur le réseau des routes principales en présence d'une gestion des rampes</i>	2008
1224	VSS 1999/276		Filler - Influence des phyllosilicates pour l'utilisation dans la construction routière <i>Füller - Einfluss von Schichtsilikaten für die Verwendung im Strassenbau</i>	2008
1225	SVI 1999/328		Gesetzmässigkeiten des Anlieferverkehrs <i>Caractéristiques du transport de livraison</i>	2008

1226	ASTRA 2003/007		Kommunale Strassennetze in der Schweiz: Formen neuer Public Private Partnership (PPP) - Kooperationen für den Unterhalt <i>Réseaux routiers communaux en Suisse:</i> <i>Formes de nouveaux partenariats publics-privés</i> <i>(PPP)-</i> <i>coopérations pour l'entretien</i>	2008
1227	VSS 2004/601		Umweltbauabnahme (UBA) <i>Réception environnementale des travaux (RET)</i>	2008
1228	SVI 2001/508		Mobilitätsmuster zukünftiger Rentnerinnen und Rentner: eine Herausforderung für das Verkehrssystem 2030? <i>Mobilité des futurs retraités - un défi pour le</i> <i>système des transport en 2030?</i>	2008
1229	SVI 2004/081		Modal Split Funktionen im Güterverkehr <i>Fonctions de répartition modale pour le trafic de</i> <i>marchandises</i>	2008
1230	SVI 2004/090		Monitoring und Controlling des Gesamtverkehrs in Agglomerationen <i>Monitoring et controlling de l'ensemble du trafic dans</i> <i>les agglomérations</i>	2008
1231	SVI 2004/045		Mobilitätsmanagement in Betrieben- Motive und Wirksamkeit <i>Gestion de la mobilité dans les entreprises-</i> <i>motifs et efficacité</i>	2008
1232	ASTRA 2005/008		Low Power Wireless Sensor Network for Monitoring Civil Infrastructure <i>Drahtloses Sensornetzwerk zur Infrastrukturüberwa-</i> <i>chung</i>	2009

1233	ASTRA 2000/420		Unterhalt 2000 Forschungsprojekt FP2 Dauerhafte Komponenten bitumenhaltiger Belagsschichten <i>Components durables des couches bitumineux</i>	2009
1234	VSS 2006/504		Expérimentation in situ du nouveau drainomètre européen <i>In Situ Validierung des neuen europäischen Drainometers</i>	2008
1235	VSS 2004/711		Forschungspaket Massnahmenplanung im EM von Fahrbahnen Standardisierte Erhaltungsmassnahmen <i>Mesures d'entretiens standardisées</i>	2008
1236	ASTRA 2008/008_7		Analytische Gegenüberstellung der Strategie- und Tätigkeitsschwerpunkte ASTRA-AIPCR <i>Analyse Comparative des accents stratégiques et des champs d'action prioritaires de l'OFROU et de l'AIPCR</i>	2008
1237	VSS 2007/903		Grundlagen für eCall in der Schweiz <i>Bases pour eCall en Suisse</i>	2009
1238	VSS 2005/303		Verkehrssicherheit an Tagesbaustellen und bei Anschlüssen im Baustellenbereich von Hochleistungsstrassen <i>Sécurité routière pour chantiers de courte durée et aux jonctions dans la zone d'un chantier de route à grand débit</i>	2008

1239	VSS 2000/450		Bemessungsgrundlagen für das Bewehren mit Geokunststoffen <i>Bases de dimensionnement pour le renforcement par géosynthétiques</i>	2009
1240	ASTRA 2002/010& 2005/009		L'acceptabilité du péage de congestion: Résultats et analyse de l'enquête réalisée en Suisse <i>Die Akzeptanz von Gebühren zur Vermeidung von Stau auf Strassen: Resultate und Analysen von Untersuchungen in der Schweiz</i>	2009
1241	ASTRA 2001/052		Erhöhung der Aussagekraft des LCPC Spurbildungstests <i>Amélioration des informations fournies par l'essai d'orniérage LCPC</i>	2009
1242	VSS 2005/451		Recycling von Ausbauasphalt in Heissmischgut: Initialprojekt <i>Recyclage des matériaux bitumeux de démolition dans les enrobés à chaud: projet initial</i>	2007
1243	VSS 2000/463		Kosten des betrieblichen Unterhalts von Strassenanlagen <i>Les coûts de l'entretien courant des routes</i>	2008
1244	VSS 2004/714		Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen Gesamtnutzen und Nutzen-Kosten-Verhältnis von standardisierten Erhaltungsmassnahmen <i>Bénéfice total - rapport avantages / coûts des mesures d'entretien standardisées</i>	2008

1246	VSS 2004/713		Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen Bedeutung Oberflächenzustand und Tragfähigkeit sowie gegenseitige Beziehung für Gebrauchs- und Substanzwert <i>Influences et interactions de l'état de surface et de la portance sur la valeur intrinsèque et la valeur d'usage</i>	2009
1247	VSS 2000/348		Anforderungen an die strassenseitige Ausrüstung bei der Umwidmung von Standstreifen <i>Exigences à l'équipement routier pour l'utilisation de la bande d'arrêt d'urgence</i>	2009
1248	VSS 2000/433		Dynamische Eindringtiefe zur Beurteilung von Gussasphalt <i>Appréciation des asphaltes coulés routiers par indentation dynamique</i>	2008
1249	FGU 2003/004		Einflussfaktoren auf den Brandwiderstand von Betonkonstruktionen <i>Facteurs d'influence sur la résistance au feu de structures en béton</i>	2009
1250	VSS 2005/202		Strassenabwasser Filterschacht <i>Traitement des eaux de routes dans des chambres avec sac en géotextile</i>	2007
1251	VSS 2002/405		Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence des bétons bitumeux <i>Auswirkung der gerundeten oder teilweise gerundeten</i> <i>Gesteinskörnungen auf die Griffigkeit des Asphaltbetons</i>	2008

1252	SVI 2003/001		Nettoverkehr von verkehrsintensiven Einrichtungen (VE) <i>Trafic net des installations générant un trafic important (IGT)</i> <i>important (IGT)</i>	2009
1253	VSS 2001/203		Rétention des polluants des eaux de chaussées selon le système "infiltrations sur les talus". Vérification in situ et optimisation <i>Retention der Schadstoffe des Strassenabwassers durch das "über die Schulter Versickerungs-System". In situ Verifikation und Optimierung</i>	2009
1254	VSS 2006/502		Drains verticaux préfabriqués thermiques pour la consolidation in-situ des sols <i>Vorfabrizierte, vertikale, thermische Entwässerungsleitungen für die in-situ Konsolidierung von Böden</i>	2009
1255	VSS 2006/901		Neue Methoden zur Erkennung und Durchsetzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit <i>Nouvelles méthodes pour reconnaître et faire respecter</i> <i>la vitesse maximale autorisée</i>	2009
1256	VSS 2006/903		Qualitätsanforderungen an die digitale Videobild-Bearbeitung zur Verkehrsüberwachung <i>Exigences de qualité posées au traitement vidéo numérique pour la surveillance du trafic routier</i>	2009
1257	SVI 2004/057		Wie Strassenraumbilder den Verkehr beeinflussen Der Durchfahrtswiderstand als Arbeitsinstrument bei der städtebaulichen Gestaltung von Strassenräumen <i>L'influence de l'aménagement de l'espace de la route sur le trafic</i> <i>La résistance de passage du trafic comme instrument de travail pour la conception urbaine de zone routière</i>	2009

1258	VSS 2005/802		Kaphaltestellen Anforderungen und Auswirkungen <i>Arrêt en cap - exigences et effets</i>	2009
1259	VSS 2004/710		Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen <i>Synthesebericht / Rapport de synthèse</i>	2008
1261	ASTRA 2004/018		Pilotstudie zur Evaluation einer mobilen Grossversuchsanlage für beschleunigte Verkehrs- last- simulation auf Strassenbelägen <i>Etude de pilote pour l'évaluation d'une machine mobile à vrai grandeur qui permet de simuler le trafic sur les routes dans une manière accélérée</i>	2009
1262	VSS 2003/503		Lärmverhalten von Deckschichten im Vergleich zu Gussasphalt mit strukturierter Oberfläche <i>Caractéristiques de bruit de couches de roulement en comparaison avec des couches d'asphalte coulé (Gussasphalt) avec surface construite</i>	2009
1263	VSS 2001/503		Phénomène du dégel des sols gélifs dans les infras- tructures des voies de communication et les pergélisols alpins <i>Phänomen des Auftauens von frostempfindlichen Böden in den Infrastrukturen der Verkehrswege und im Permafrost der Alpen</i>	2006
1264	SVI 2004/004		Verkehrspolitische Entscheidfindung in der Ver- kehrsplanung <i>Politique de transport: la prise de décision dans la planification des transports.</i>	2009
1265	VSS 2005/701		Zusammenhang zwischen dielektrischen Eigen- schaften und Zustandsmerkmalen von bitumenhalti- gen Fahrbahnbelägen (Pilotuntersuchung) <i>Relation entre les propriétés diélectiques des revê- tements routiers et leur condition</i>	2009

1267	VSS 2007/902		MDAinSVT Einsatz modellbasierter DatentransfERNormen (INTERLIS) in der Strassenverkehrstelematik <i>Utilisation des standards d'échange de données basés modélisation pour la télématique des transports routiers à l'exemple des données de trafic</i>	2009
1268	ASTRA 2005/007		PM10-Emissionsfaktoren von Abriedspartikeln des Strassenverkehrs (APART) <i>PM10 emission factors of abrasion particles from road traffic</i>	2009
1269	VSS 2005/201		Evaluation von Fahrzeugrückhaltesystemen im Mittelstreifen von Autobahnen <i>Evaluation of road restraint systems in central reserves of motorways</i>	2009
1270	VSS 2005/502		Interaktion Strasse Hangstabilität: Monitoring und Rückwärts- rechnung <i>Interaction route - stabilité des versants: Monitoring et calcul à rebours</i>	2009
1271	VSS 2004/201		Unterhalt von Lärmschirmen <i>Entretien des écrans antibruit</i>	2009
1272	VSS 2007/304		Verkehrsregelungssysteme - Behinderte und ältere Menschen an Lichtsignalanlagen <i>Aménagement des feux de signalisation pour les personnes a mobilité réduite ou âgées</i>	2010
1274	SVI 2004/0858		Einsatz von Simulationswerkzeugen in der Güterverkehrs- und Transportplanung <i>Applications des modèles simulations dans le domaine de planification en transport marchandises</i>	2009

1275	ASTRA 2006/016		Dynamic Urban Origin-Destination Matrix Estimation Methodology <i>Méthodologie pour l'estimation de matrices origine-destination dynamiques en réseau urbain</i>	2009
1277	SVI 2007/005		Multimodale Verkehrsqualitätsstufen für den Strassenverkehr - Vorstudie Niveaux de service multimodales de la circulation routière - études préliminaires	2010