

Korrelation von Ölemissionen mit Partikelemissionen bei Ottomotoren

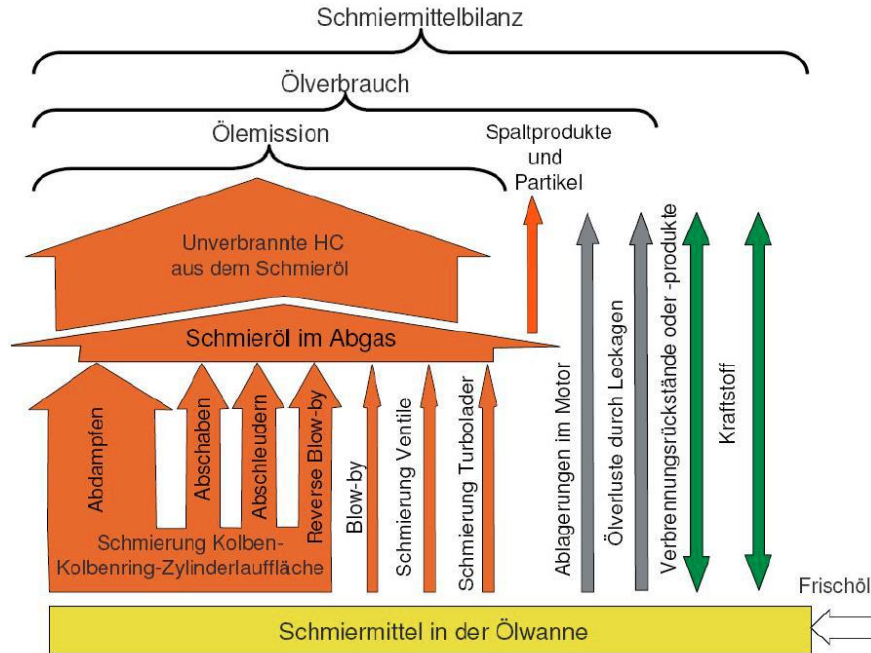
AVL Forum Abgas- und Partikelemissionen, Ludwigsburg, 21.02.2018

Paul Mäule M.Sc., Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Rabl

- Einleitung
- Ölverbrauch von Verbrennungsmotoren
- Messmethoden zur Bestimmung des Ölverbrauchs
- Messprinzip Schwefel-Tracer Methode
- Messtechnik
- Messungen am 1.0l 3-Zylinder Motor
 - Stationäres Kennfeld
 - Lastsprünge
 - Einfluss des Einspritzzeitpunkts
- Messungen am 1.8l 4-Zylinder Motor
 - Einfluss der Ölemissionen auf die Partikelemissionen
 - Simulation von turbinenseiteigen Ölemissionen des Turboladers
- Zusammenfassung

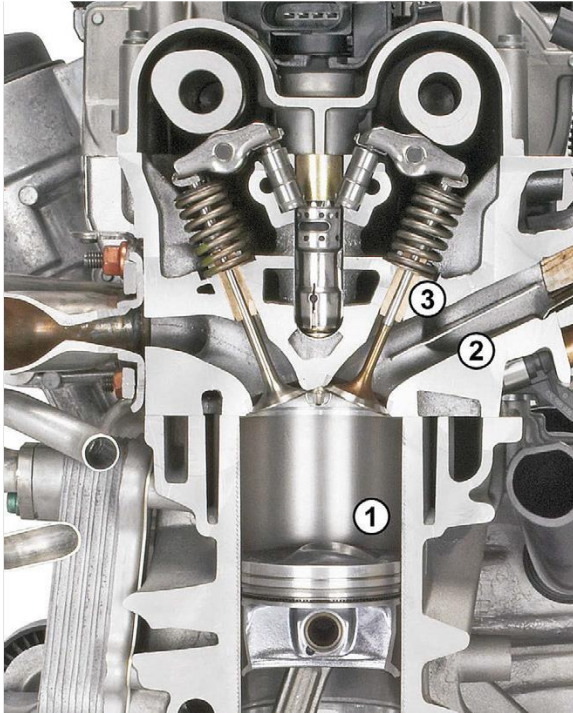
- Die Grenzwerte für Partikelemissionen werden auch bei Ottomotoren immer weiter verschärft
 - Die Reduktion der Partikelemissionen wird hauptsächlich durch Ottopartikelfilter erreicht
 - Dennoch müssen auch die Rohemissionen weiter reduziert werden
 - Die Ölemissionen spielen dabei eine signifikante Rolle
- Genaue Kenntnis der Ölemissionen und deren Einfluss auf die Partikelemissionen von großem Interesse

Schmiermittelbilanz



- Unterscheidung zwischen Ölemissionen und Ölverbrauch
- Nur Ölemissionen beeinflussen die Abgasemissionen

Ölverbrauchsquellen



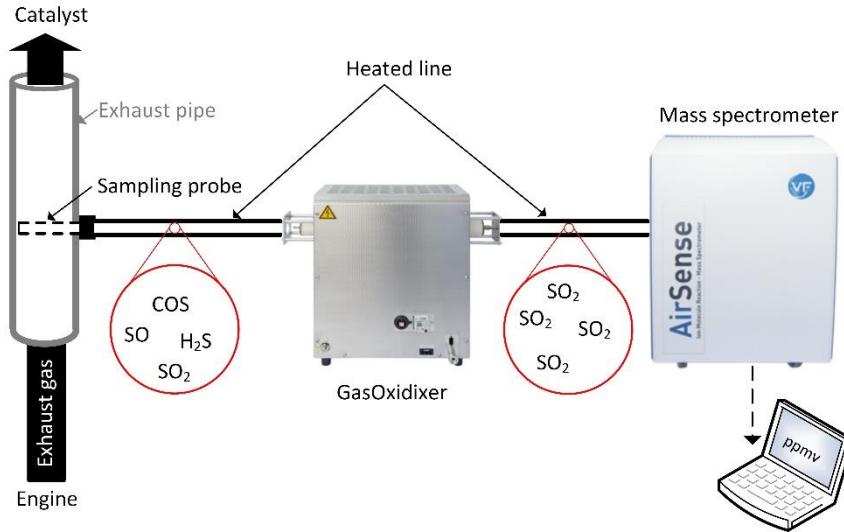
- System Kolben / Zylinderwand (1)
- Kurbelgehäuseentlüftung (2)
- Ventilschaftdichtungen (3)
- Abdichtungen der Turboladerwelle zum Turbinen- und Verdichterrad

Einfluss der Ölemissionen auf die Abgasemissionen

- **Direkte Einflüsse:**
 - Partikelemissionen
 - HC-Emissionen
- **Indirekte Einflüsse:**
 - Katalysatorvergiftung → Umsetzungsgrad sinkt → Höherer Schadstoffausstoß
 - Veraschung des Ottopartikelfilters → Steigender Abgasegendruck → Höherer Kraftstoffverbrauch

Einteilung der Messmethoden

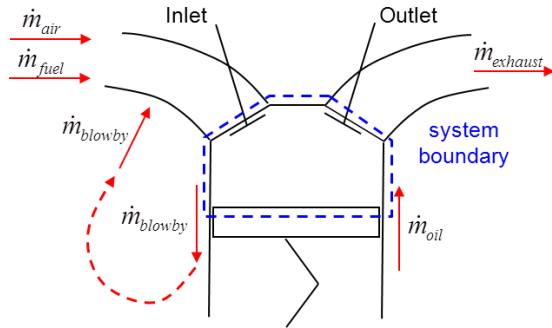




- Atomarer, natürlich vorkommender Tracer des Motoröls: Schwefel
- Wenn Ölemissionen auftreten gelangt der Schwefel in Form verschiedener Moleküle ins Abgas
- Im Oxidationsofen werden alle Moleküle, die Schwefel enthalten zu Schwefeldioxid oxidiert
- Mit dem Massenspektrometer wird die Schwefeldioxidkonzentration im Abgas bestimmt
- Daraus können die Ölemissionen berechnet werden

Berechnung des Ölmassenstroms

- Massenbilanz



$$\dot{m}_{\text{exhaust}} = \dot{m}_{\text{air}} + \dot{m}_{\text{fuel}} + \dot{m}_{\text{oil}}$$

$$\dot{m}_{\text{exhaust}} * c_S^{\text{exhaust}} = \dot{m}_{\text{air}} * c_S^{\text{air}} + \dot{m}_{\text{fuel}} * c_S^{\text{fuel}} + \dot{m}_{\text{oil}} * c_S^{\text{oil}}$$

$$\dot{m}_{\text{oil}} = \frac{\dot{m}_{\text{air}} * (c_S^{\text{exhaust}} - c_S^{\text{air}}) + \dot{m}_{\text{fuel}} * (c_S^{\text{exhaust}} - c_S^{\text{fuel}})}{c_S^{\text{oil}} - c_S^{\text{exhaust}}}$$

- Umrechnung der gemessenen Schwefeldioxidkonzentration

- Volumenkonzentration in Massenkonzentration

$$c_{SO_2}^{\text{exhaust}} [\text{ppmm}] = c_{SO_2}^{\text{exhaust}} [\text{ppmv}] * \frac{\rho_{SO_2}}{\rho_{\text{exhaust}}}$$

- Schwefeldioxidkonzentration in Schwefelkonzentration

$$c_S^{\text{exhaust}} [\text{ppmm}] = c_{SO_2}^{\text{exhaust}} [\text{ppmm}] * \frac{M_S}{M_{SO_2}}$$

$$M_S = 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

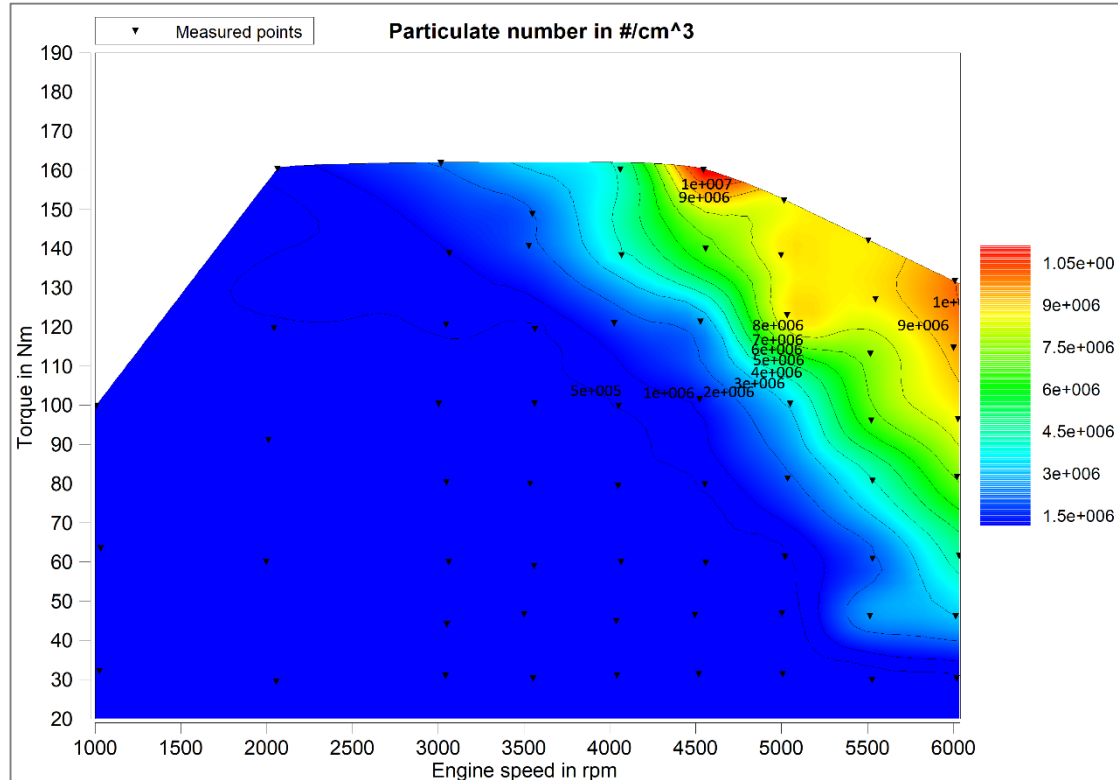
$$M_{SO_2} = 64 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Verwendete Messgeräte

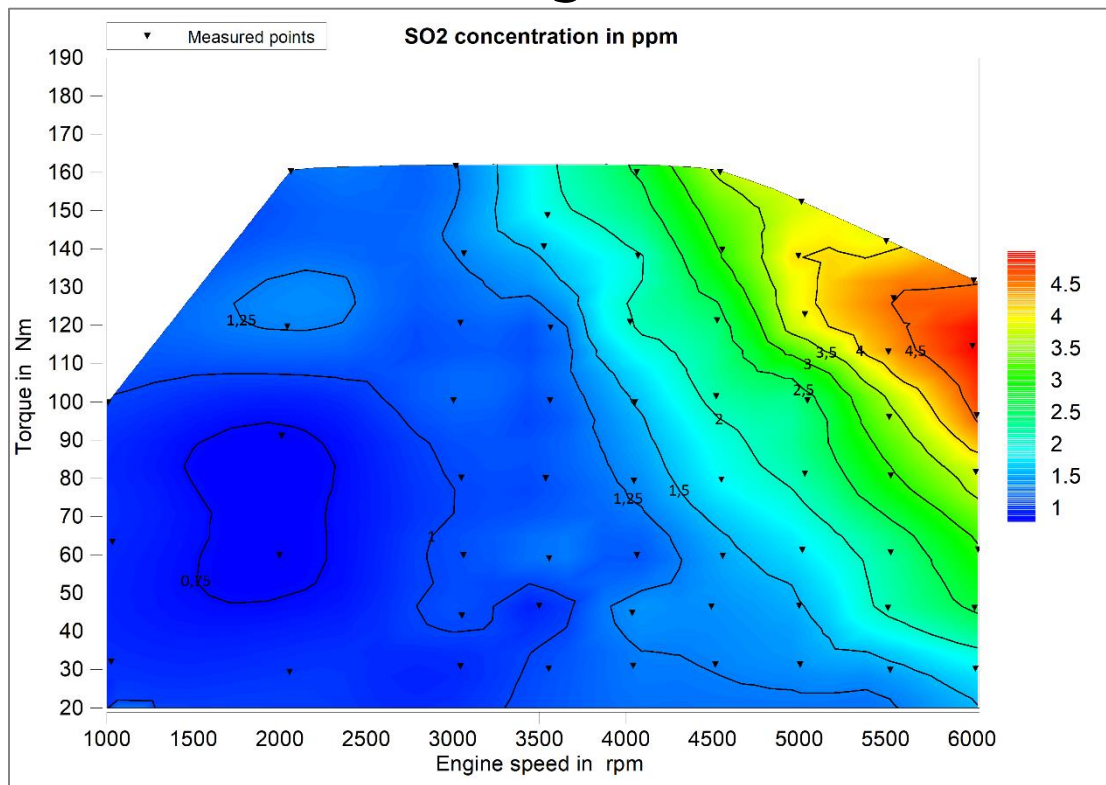
- **Ölemissionsmesstechnik**
 - V&F Airsense Massenspektrometer
 - V&F GasOxidizer

- **Partikelmesstechnik**
 - Horiba Mexa 2100 SPCS Partikelcounter
 - AVL Mirco Soot Sensor 483 mit Abgaskonditioniereinheit

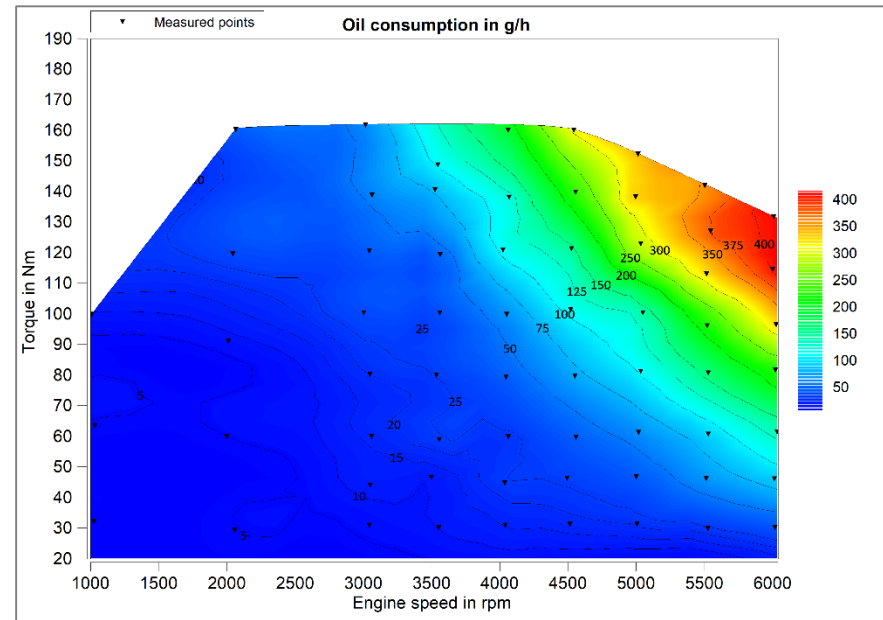
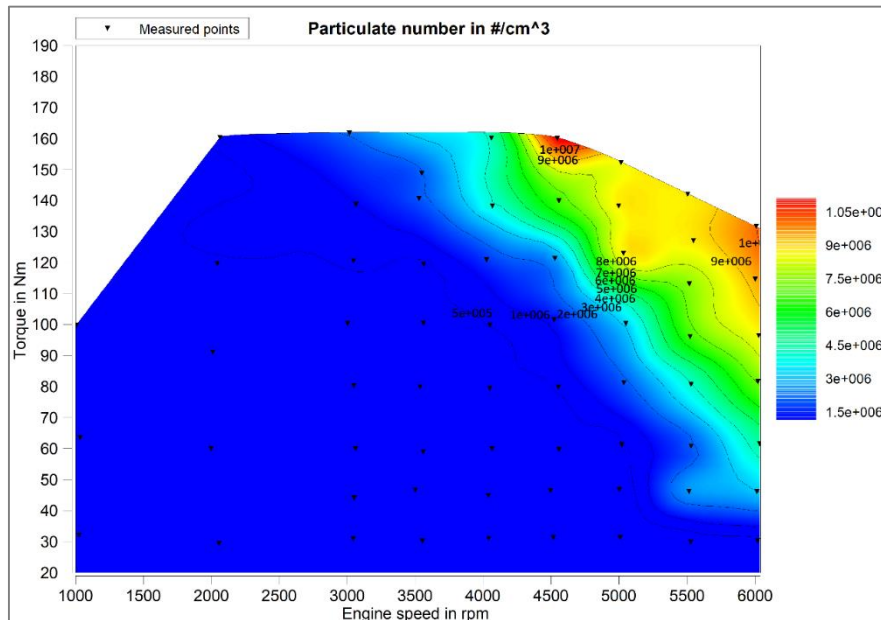
Stationäre Kennfeldvermessung / Partikelanzahl



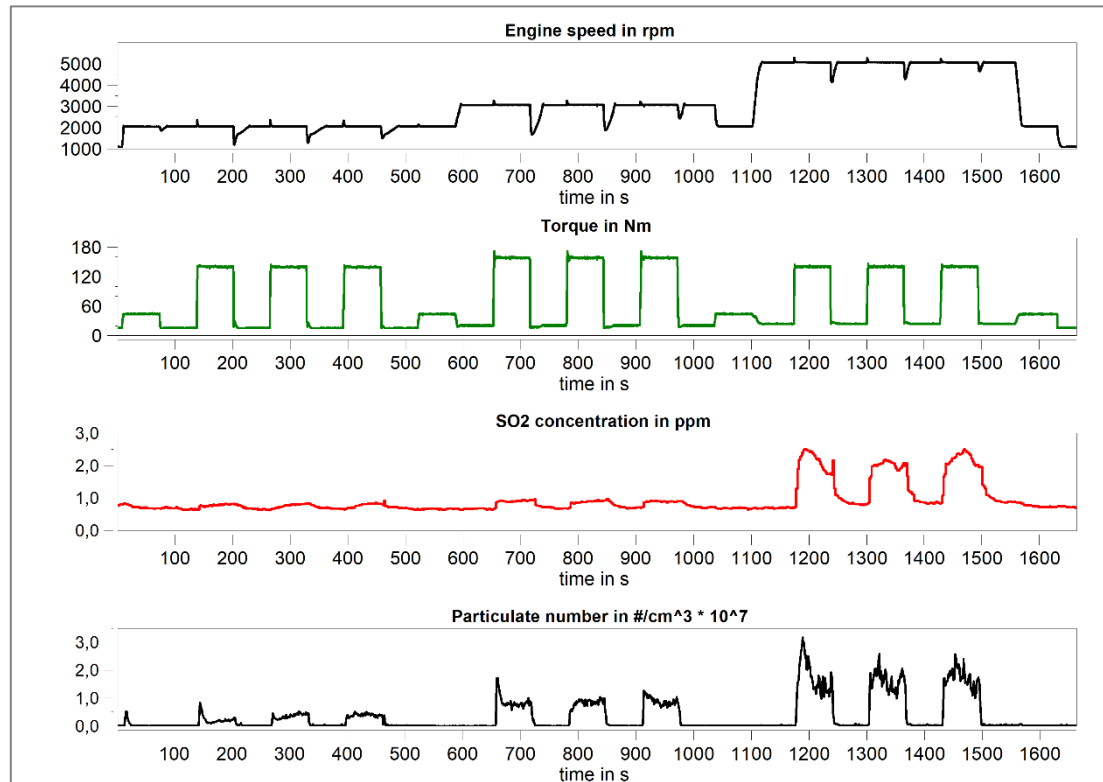
Stationäre Kennfeldvermessung / Schwefeldioxidkonzentration



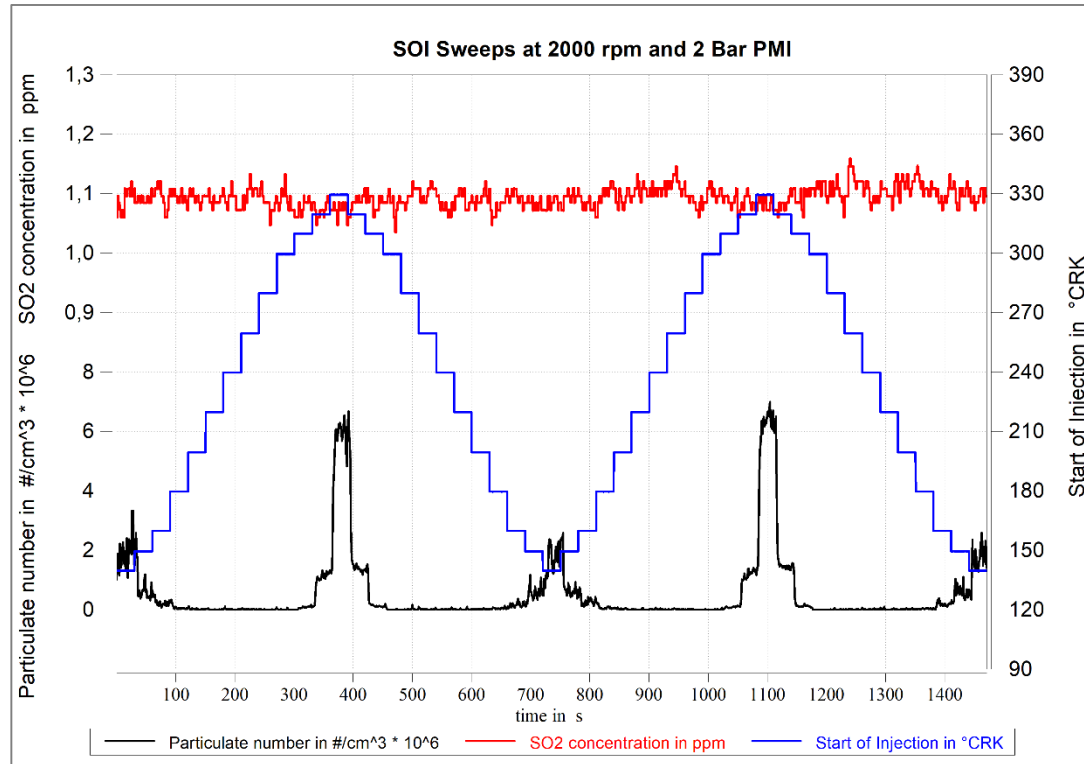
Stationäre Kennfeldvermessung / Vergleich Partikelanzahl mit berechneten Ölemissionen



Lastsprünge

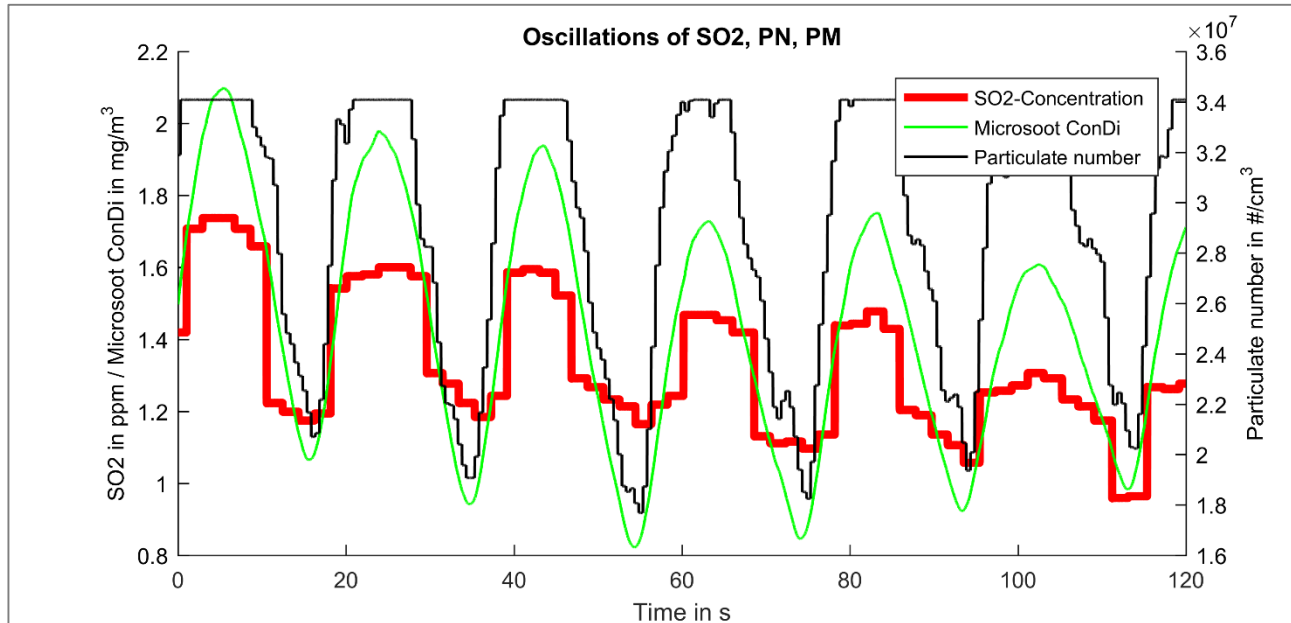


Einfluss des Einspritzzeitpunkts



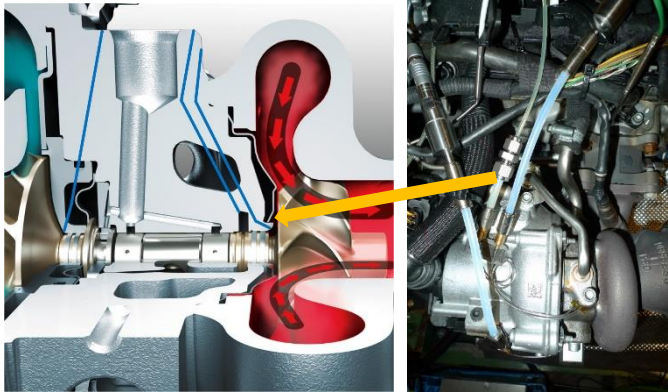
Einfluss der Ölemissionen auf die Partikelemissionen

- Auffälliger stationärer Betriebspunkt
- Hohe Drehzahl und geringe Last



Messaufbau

- Turbolader mit speziellen Druckmessstellen
- Eindosierung von Öl an den Radrücken des Turbinenrades zur Simulation der turbinenseitigen Ölemissionen

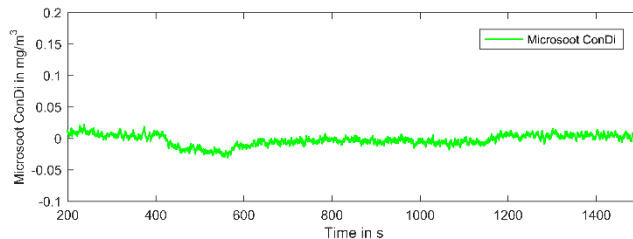
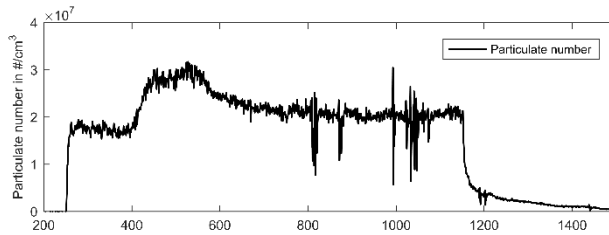
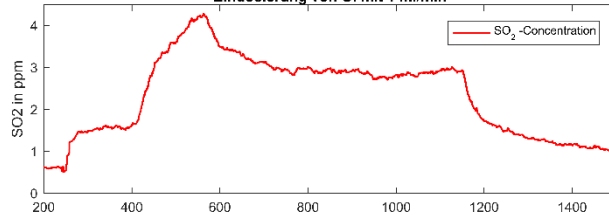


- Dosierpumpe mit variabel einstellbarem Volumenstrom von 0,01 bis 0,3 ml/min



Messung

Eindosierung von Öl mit 1 ml/min



- Anstieg der Schwefeldioxidkonzentration
- Anstieg der Partikelanzahl
- Kein Effekt auf Partikelmasse

Zusammenfassung

- Bei allen Messungen konnte ein deutlicher Zusammenhang zwischen den Ölemissionen und der Partikelanzahl aufgezeigt werden
- Die Partikelmasse wird nur beeinflusst, wenn das Öl verbrennt → Die Ölpartikel / Öltröpfchen bei der Simulation der turbinenseitigen Ölemissionen des Turboladers sind sehr klein
- Hohes Potential zur Vermeidung von Partikelemissionen über die Reduzierung der Ölemissionen
- Messmethode mit dem Schwefel-Tracer Verfahren eignet sich zur dynamischen Online-Messung der Ölemissionen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit