

## Garagenversuch

**Vergleich der Partikelkonzentrationen in einer Garage verursacht von:**

- a) dem Abbrand dreier Zigaretten
- b) den Leerlaufemissionen eines PKW-Dieselmotors (Abgas gemäß Euro-3-Norm).

### Einleitung

Im Zuge der Diskussion um die Gesundheitsschädlichkeit von Passivrauch (ETS) ist unter anderem auch eine italienische Studie von Invernizzi et al.<sup>1</sup> zitiert worden, nach der das Abbrennen dreier Zigaretten in einer geschlossenen Garage zu einer um ein Vielfaches höheren Partikelkonzentration führt, als der halbstündige Betrieb eines Dieselmotors nach Euro-3-Norm ohne Rußfilter im Leerlauf. Mit der zusätzlichen Behauptung, dass die Zusammensetzung von ETS vergleichbar sei mit anderen Verbrennungsprodukten fossiler Produkte (also auch Dieseldieselkraftstoff) wird daraus die Schlussfolgerung gezogen, dass die Emissionen nur dreier Zigaretten um ein Vielfaches schädlicher seien, als die des 30 Minuten im Leerlauf betriebenen Dieselmotors.

Dieses Ergebnis widerspricht krass der Erwartung. Daher wurde der Versuch so gut wie möglich originalgetreu nachgestellt.

### Versuchsdurchführung

Die Untersuchungen wurden durchgeführt in einer komplett verschließbaren Garage mit einem Raumvolumen von 130 m<sup>3</sup>. Als Fahrzeug diente wie in der Originalarbeit ein Ford Mondeo TDCi (Common Rail Diesel) mit 2,0 Liter Hubraum, Bj. 2002 dessen Abgas die Euro-3 Norm erfüllt. Der Dieselmotor wurde mit schwefelarmem Diesel (Schwefelgehalt 10 mg/kg) warmgefahren im Leerlauf bei 750 U/min betrieben. Als Zigaretten wurden wie in der Originalarbeit Filterzigaretten „MS“ verwendet. Der Teergehalt war allerdings mit 10 mg pro Zigarette etwas geringer. Die Anordnung von Zigarette, Fahrzeugauspuff und Messgeräten orientierte sich an der o.g. Originalarbeit.

Zur besseren Charakterisierung der Partikeln wurden zur Messung neben dem in der Originalarbeit verwendeten optischen Aerosolmonitor (Aerocet 531, Metone Instruments Inc, USA) allerdings noch eine Reihe weiterer Messinstrumente eingesetzt:

- Eine Pumpe zur Sammlung der Fraktion PM<sub>4</sub> (Partikeln bis zur Größe von 4 µm) auf einem 70 mm-Glasfaserfilter
- Ein elfstufiger Berner Niederdruckimpaktor im Partikelgrößenbereich von 18 nm bis 16 µm mit Aluminium-Abscheidefolien
- Ein SMPS-System der Firma TSI (Messbereich 10 nm bis 900 nm)
- Ein tragbares CPC-System (Kondensationskernzähler) der Firma TSI (Model 3007) (Messbereich ab 10 nm)

Die Versuche liefen nach folgendem Schema ab:

- 30 Minuten Garage offen lüften
- Garage schließen und Luft mittels Ventilator umwälzen für 30 Minuten zur Hintergrundmessung
- Motor einschalten und 30 Minuten laufen lassen bzw. drei Zigaretten nacheinander abbrennen lassen im 10-Minuten Takt
- Weitere 90 Minuten bei geschlossenem Tor Messung bzw. Probenahme weiterlaufen lassen
- Garage öffnen und Lüften

Zur Beurteilung wurden die 120 Minuten Messzeit bei geschlossener Garage herangezogen (30 Minuten mit Emissionen und weitere 90 Minuten ohne Emissionen).

### **Ergebnisse:**

Die Ergebnisse des Metone-Aerosolmonitors entsprachen denen von Invernizzi et al.. Die Absolutkonzentrationen waren zwar jeweils deutlich (um einen Faktor 6) geringer, aber das lag an der größeren Garage und offensichtlich anderen internen Strömungen. Das Verhältnis der Emissionen von Dieselmotor (PM 10-Mittelwert  $6,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und Zigaretten (PM 10-Mittelwert  $29,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) mit der um ein Vielfaches höheren Partikelkonzentration bei den Zigaretten und damit die Kernaussage von Invernizzi et al. konnte aber reproduziert werden.

Zu einem vollkommen anderen Bild führen aber die Ergebnisse der übrigen Messgeräte:

- Bei dem Berner Niederdruckimpaktor lag die mittlere Partikelmassenkonzentration des Dieselmotors mit  $348 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bei nahezu dem dreifachen der mittleren Konzentration der Zigaretten mit  $126 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Das SMPS-System kam auf  $490 \mu\text{g}/\text{m}^3$  beim Dieselmotor und  $154 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bei den Zigaretten.
- Die Masse der PM4-Fraktion (Partikeln kleiner  $4 \mu\text{m}$ ) betrug für den Dieselmotor im Mittel  $1280 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , für die Zigaretten  $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Die Masse an elementarem Kohlenstoff, der Bezugswert für Dieselmotoremissionen betrug für den Dieselmotor  $280 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , für die Zigaretten  $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Die mit dem Kondensationskernzähler ermittelten mittleren Partikelzahlen betragen  $214\,000 /\text{cm}^3$  beim Dieselmotor und  $45\,000 /\text{cm}^3$  bei den Zigaretten.

Die Hintergrundkonzentrationen ohne Zigaretten oder den Dieselmotor waren jeweils so gering, dass auf eine Korrektur verzichtet wurde.

### **Diskussion**

Mit dem Metone Aerosolmonitor konnte das Ergebnis von Invernizzi et al. hinsichtlich der Aussage, dass drei Zigaretten eine vielfach höhere Emission haben, als ein 30 Minuten im Leerlauf betriebener Dieselmotor, bestätigt werden. Alle anderen Messmethoden führten aber zu dem gegenteiligen Ergebnis, nämlich, dass der Dieselmotor eine um ein Vielfaches höhere Emission aufweist.

Woher rührt der scheinbare Widerspruch?

Für sich gesehen arbeiten alle Messmethoden korrekt. Es muss nur berücksichtigt werden, was sie eigentlich messen. Und im Fall des Metone Aerosolmonitors ist dies das Streulicht von Partikeln ab  $0,5 \mu\text{m}$  Größe gemessen an Latex. Umgerechnet auf

die geringe Streulichtintensität der Dieselpartikeln beginnt der Messbereich des Metone für diese aber erst bei etwa 1,5 µm Partikelgröße.

Bei den Tabakrauchpartikeln handelt es sich um verhältnismäßig grobe Kondensattropfen, die von dem Aerosolmonitor zumindest noch teilweise erfasst werden.

Dieselpartikeln unterscheiden sich davon völlig. Es handelt sich um lockere Agglomerate von fraktaler Struktur bestehend aus winzigen Primärpartikeln. Selbst die Agglomerate sind noch sehr viel feiner als die Kondensattropfen des Tabakrauchs. Der Aerosolmonitor ist somit Dieselpartikeln gegenüber völlig blind und damit für diese Anwendung ungeeignet.

Hinzu kommt, dass der Motorluftfilter während des Versuches die Garagenluft von den groben Partikeln sogar noch reinigt und der Dieselmotor aus der Sicht des Metone-Messgerätes wie ein Luftreiniger wirkt! In der Tat fiel der Messwert dieses Aerosolmonitors nach Einschalten des Dieselmotors noch ab und stieg erst wieder nach dem Öffnen des Garagentores.

### **Fazit**

- Die Schlussfolgerungen der Studie von Invernizzi et al. sind falsch. Sie beruhen auf der Verwendung eines nicht geeigneten Messgerätes.
- Die Feinstaubemissionen des Dieselfahrzeugs waren bei den durchgeführten Messungen mit dem Berner Niederdruckimpaktor im Mittel etwa 3 mal so hoch, wie die der Zigaretten – im zeitlichen Spitzenwert des SMPS betragen sie sogar das 4-fache.
- Die Ergebnisse des von Invernizzi et al. verwendeten optischen Aerosolmonitors zeigen den umgekehrten Trend – hier weisen die Zigaretten einen scheinbar 5 mal höheren Feinstaubgehalt auf, bedingt durch die optischen Eigenschaften der Dieselpartikeln sowie der unteren Detektionsgrenze des Monitors.
- Die Messung von ultrafeinen Aerosolen im Größenbereich unter 300 nm ist nicht mit optischen Einzelpartikelzählern sinnvoll zu realisieren – in diesem Bereich sind andere Messprinzipien vorzuziehen.

### **Danksagung**

Wir bedanken uns bei dem Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Mechanik der Universität Karlsruhe für die maßgebliche Unterstützung bei der Durchführung der Messungen.

### **Literaturangaben**

1. G. Invernizzi, A. Ruprecht, R. Mazza, E. Rosetti, A. Sasco, S. Nardini, R. Boffi  
Particulate matter from tobacco versus diesel car exhaust: an educational perspective Tobacco Control 2004; **13**:219-221

**Dr. P. Rietschel, Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten**