

DIESEL FEINSTAUB

Die dunkle Seite der sauberen Dieselabgase

Von REINHARD WANDTNER

13.02.2008

Extrem kleine, reaktionsfreudige Rußteilchen können Zellen des körpereigenen Aberwehrsystems schädigen. Sie sind besonders in Dieselabgasen enthalten und aktivieren körpereigene Fresszellen, die Entzündungen verursachen.

Autos mit Dieselmotoren waren früher leicht an den berüchtigten Rußschwaden zu erkennen, die sie hinter sich her zogen. Moderne Diesel geben sich unauffälliger. Schließlich müssen sie immer strengeren Abgasvorschriften genügen. Wenn der Auspuff nicht mehr qualmt, ist das zwar beruhigend für das Auge, aber **die Tücke steckt im Unsichtbaren**.

Neben der Menge der Abgase hat sich nämlich auch deren Art verändert. Infolge einer verbesserten Verbrennung ist der Anteil großer Rußteilchen drastisch zurückgegangen. Erkauft wurde das aber durch den Ausstoß extrem kleiner Teilchen. Der Durchmesser dieser Partikeln, die in älteren Dieselmotoren erst gar nicht gebildet werden, beträgt rund fünf bis 20 Nanometer. Etliche Forscher befürchten, der feine Ruß, **der tief in die Lunge eindringen könne**, stelle ein besonders großes Gesundheitsrisiko dar. Untersuchungen am Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft in Berlin weisen jetzt ebenfalls in diese Richtung.

Die Forscher um Dang Sheng Su und Robert Schlögl haben den Ruß zweier Dieselmotoren mit 6,9 Liter Hubraum, wie sie in großen Nutzfahrzeugen verwendet werden, näher unter die Lupe genommen. Einer der Motoren entspricht den Anforderungen der Schadstoffklasse Euro IV. Diese Maschine erzeugt höchstens 50 Milligramm Partikeln pro Kilowattstunde. Der andere Motor ist älterer Bauart und gibt eine vier bis sechs Mal so große Menge an Partikeln ab.

Die Forscher wollten nun herausfinden, wie sich der Ruß auf das Immunsystem des Menschen auswirkt. Dazu verwendeten sie besondere Blutzellen, sogenannte Makrophagen oder Fresszellen, die maßgeblich zur Abwehrreaktion auf körperfremde Stoffe beitragen. Kulturen dieser Zellen setzten sie definierte Mengen von Rußpartikeln zu. Wie sich zeigte, wurden die Makrophagen dadurch aktiviert. Sie legten an Größe zu und bildeten die typischen fädigen Fortsätze auf ihrer Oberfläche.

Die genaue Analyse förderte allerdings deutliche Unterschiede zwischen den zwei Rußarten zutage, wobei sich **die Partikeln des „schadstoffarmen“ Motors als besonders aggressiv erwiesen**. Viel häufiger als die Teilchen aus dem Auspuff der betagten Dieselmachine verursachten sie schwere Schäden an den Fresszellen bis hin zum programmierten Tod. Außerdem regten sie die Blutzellen dazu an, entzündungsfördernde Substanzen aus der Gruppe der Cytokine abzusondern, wie Su und die anderen Forscher in der Zeitschrift „Environmental Science & Technology“ berichten (doi: 10.1021/es0716554). Die im Durchschnitt rund doppelt so großen Partikeln aus dem alten Dieselmotor zeigten diesen Effekt so gut wie nicht.

Bislang können die Forscher nur darüber spekulieren, worauf die unterschiedliche biologische Wirkung beruht. Als mögliche Erklärung führen sie die besondere Oberflächenstruktur der ultrafeinen Partikeln an. Wie nämlich eine Gruppe um Su und Schlögl schon vor einigen Jahren herausgefunden hat, sind diese Teilchen im Gegensatz zu denen aus älteren Motoren deutlich verformt, was mit der verbesserten Verbrennung in den Zylindern zusammenhängt. Sie weisen eine an Fullerene erinnernde, aber deformierte Gestalt auf. An ihrer Oberfläche befinden sich chemisch reaktive Strukturen und funktionelle Gruppen. Sogenannte OH-Gruppen erleichtern es den Partikeln, sich wasserhaltigen Strukturen anzulagern. Solche Eigenschaften tragen dazu bei, dass die Nanopartikeln aus Euro-IV-Dieselmotoren rasch von Makrophagen aufgenommen werden. Die Rußteilchen aus älteren Motoren verhalten sich dagegen chemisch träge, sind wasserabweisend und verklumpen leicht zu Aggregaten, die für Fresszellen zu groß sind.

Insgesamt kommen die Berliner Forscher zu dem Schluss, **Politik und Industrie hätten sich zu stark auf die Verminderung der Rußmengen versteift** und dabei übersehen, dass die moderne Verbrennungstechnik eine ganz andere Art von Rußpartikeln erzeuge. Diese gefährdeten die Gesundheit mehr als diejenigen aus alten Motoren. Die Ergebnisse träfen wahrscheinlich auch auf Motoren von Personenwagen zu. Wichtig sei aber auch die jeweilige Einstellung des Motors. Es komme jetzt, wie Schlögl sagt, darauf an, die Rußfilter so zu konstruieren, dass sie die kleinen, gefährlichen Partikeln vollständig vernichten, bevor diese in die Luft gelangen.

Selbst wenn es gelänge, die Nanoteilchen völlig aus dem Abgas zu verbannen, bliebe immer noch eine andere bedenkliche Komponente – die gasförmige. Dass diese nicht unterschätzt werden darf, zeigen Untersuchungsergebnisse, über die kürzlich in der Zeitschrift „Chemosphere“ berichtet wurde (Bd. 70, S. 13, doi: 10.1016/j.chemosphere. 2007.07. 036).

Forscher um Amara Holder von der University of California in Berkely hatten Bronchialzellen des Menschen den Abgasen eines Dieselmotors ausgesetzt. Die Zellen reagierten, ähnlich wie die Makrophagen in der Berliner Studie, mit der Freisetzung von Entzündungsstoffen. Die Forscher filterten daraufhin die Partikeln aus. Zu ihrer Überraschung zeigten die Zellen dann immer noch deutliche Anzeichen von Entzündungsvorgängen. Erst als auch der Anteil flüchtiger Kohlenwasserstoffe entfernt worden war, verloren die Abgase ihre Aggressivität.

Die kalifornische Arbeitsgruppe kam zu dem Schluss, dass die Entzündungsreaktion fast zur Hälfte auf gasförmige Bestandteile zurückzuführen ist.

Für Klaus Wittmaack vom Helmholtz-Zentrum München kommen die Ergebnisse aus Berlin und Berkely nicht überraschend. Er sieht sich vielmehr in seiner schon vor geraumer Zeit geäußerten These bestätigt, die Gefährlichkeit großer Rußteilchen („Black Smoke“) werde überschätzt, die von Gasen indessen unterschätzt. Dieselabgase durch Nachverbrennung zu „reinigen“, könne somit bedeuten, den Teufel mit Belzebub auszutreiben.