

Umwelt- und Gesundheitsbelastung durch Dieselabgase

Edmund Maser



**Institute of Toxicology and Pharmacology
for Natural Scientists
University Medical School Schleswig-Holstein
24105 Kiel
Germany**



Rudolf Diesel erfindet den Diesel-Motor

- Der deutsche Ingenieur Rudolf beendet mit seiner Erfindung das Zeitalter der Dampfmaschine.
- Geboren am 18. März 1858 wächst er in bescheidenen Verhältnissen auf.
- Nach Schule und Studium beherrscht ihn die Idee, einen rationellen Wärmemotor zu bauen.
- 1900 gewinnt Diesel auf der Weltausstellung in Paris mit seinem Motor den ersten Preis.

29. September 1913: Rudolf Diesel geht in Antwerpen an Bord des deutschen Postschiffes „Dresden“, um nach Harwich zu reisen.

Dort kommt der 55-Jährige nie an.

Er **verschwindet** in der Nacht **spurlos von Bord**. Warum konnte nie geklärt werden.

Die Dieselmachine gilt als Jahrhundert-Erfindung

- Der Dieselantrieb gilt als Jahrhundert-Erfindung und beendet das Zeitalter der Dampfmaschine.
- Dieser Antrieb schuf die Grundlage für den modernen Auto-, Schiffs- und Schienenverkehr.
- **1903** werden zunächst kleinere Schiffe mit dem neuen Antrieb ausgestattet.
- **1912** geht mit der „Selandia“ das erste hochseetüchtige Diesel-Motorschiff vom Stapel.
- **1923** gibt es der ersten LKW
- **1936** den ersten PKW

Heute ist der **Diesel** in
Verruf geraten !

Wie geht **Diesel** ?

- Der Dieselmotor ist „**Selbstzünder**“; er braucht keine Zündkerzen.
- Im Gegensatz zum Benzinmotor wird beim Dieselmotor kein Kraftstoff-Luftgemisch Luft eingespritzt.
- Vielmehr wird Luft angesaugt und so **stark komprimiert**, dass sie sich bis auf **700 Grad** Celsius erhitzt.
- Der dann eingespritzte Dieselkraftstoff entzündet sich an der heißen Luft von selbst.
- Der **Wirkungsgrad** ist beim Dieselmotor **höher** als beim Ottomotor: er nutzt 33 bis 45 % der im Kraftstoff gespeicherten Energie. Der Grund sind hier die höheren Verbrennungstemperaturen.

Nachteil von Diesel

- Der in der Luft enthaltene Stickstoff wird teilweise zu **Stickoxiden** umgewandelt.
- Diese nitrosen Gase sind gesundheitsschädlich und Hauptkritikpunkt am Diesel.
- Um die Verbrennung zu verbessern wurde in den letzten Jahren die Kraftstoffeinspritzung optimiert, mit dem Ziel, ein möglichst homogenes Kraftstoff-Luft-Gemisch zu schaffen.
- Diese Bemühungen führten zu kleineren Verbrennungsrückständen, die als **Feinstaub** nicht mehr aus dem Abgas gefiltert werden können.
- Vom Menschen eingeatmet können, können diese mikroskopisch kleinen Partikel Krebs auslösen.

Feinstaub:

- **Definition**
- **Wirkmechanismen**
- **Gesundheitliche Risiken**

Größenbereiche von Partikeln in der Atmosphäre

Definitionen:

- Feinstaub **PM₁₀** = inhalierbar; kleiner 10 Mikrometer
- Feinstaub **PM_{2,5}** = lungengängig; kleiner als 2,5 Mikrometer
- Ultrafeine Partikel **PM_{0,1}** = Alveolengängig; kleiner als 0,1 Mikrometer

Aerodynamischer Durchmesser:

Berechneter Durchmesser einer Kugel mit der Dichte von 1 g/cm^3 , die die gleiche Sinkgeschwindigkeit in der Luft aufweisen würde wie das betrachtete Partikel.

Belastungen durch Partikel in unterschiedlichen Regionen des Atemtrakts

In Abhängigkeit ihres aerodynamischen Durchmessers lagern sich Partikel in unterschiedlichen Regionen des Atemtraktes ab.

Partikel von **10 µm bis zu 2,5 µm**: sie verbleiben bereits im Nasen- und Rachenraum oder dringen bis in den oberen Bereich der Bronchien vor. Diese Partikel werden innerhalb von **wenigen Tagen** über Schleimsekretion und mit Flimmerhaaren (mukozilliäre clearance) in Richtung Kehlkopf abtransportiert und entweder ausgehustet oder verschluckt.

Partikel von **2,5 µm bis zu 1 µm**: sie dringen wesentlich tiefer in die Lunge ein bis in die Bronchien und Bronchiolen. Dort bleiben sie bis zu **mehreren Wochen**, bevor sie auch über die mukozilliäre clearance abtransportiert werden.

Partikel von etwa **1 µm bis zu 0,1 µm**: werden nur zu 20 % im Atemtrakt abgeladen. Im Vergleich zu größeren oder kleineren Partikeln verbleiben sie eher im Luftstrom der ein- und ausgeatmeten Luft.

Partikel unterhalb von **0,1 µm**: Diese **ultrafeinen** Partikel (kleiner als 100 nm) gehen bis in die Alveolen. Dort können sie sich im Gewebe festsetzen und langfristig **über Jahre deponiert** werden.

Im Vergleich zu größeren Partikeln haben sie eine deutlich höhere Gesundheitsgefährdung.

- sie werden von **alveolären Makrophagen** aufgenommen und aktivieren diese.
- sie lösen Reizwirkung aus oder setzen Entzündungsprozesse in Gang.
- sie vermögen in die **Blutbahn überzugehen** und können dann **zu unterschiedlichen Organen unseres Körpers transportiert** werden.

Gesundheitliche Effekte gegenüber Feinstaubexpositionen in der Außenluft

Studien aus **Deutschland, EU, USA** und der **WHO** zeigen eindeutige Zusammenhänge zwischen Partikelbelastungen der Außenluft und gesundheitlichen Effekten:

Im Vordergrund stehen:

- Todesfälle als Folgen von **Herz-Kreislauf-** und **Atemwegserkrankungen**, sowie **Lungenkrebs**.
- Verkürzung der Lebenserwartung
- Verschlechterung der Lungenfunktion
- Häufigere Einnahme von Medikamenten bei Asthmatikern
- Erhöhte Anzahlen von Arztbesuchen und Krankenhauseinweisungen

Besondere Aufmerksamkeit kommt den ultrafeinen Partikeln zu. So gibt es Hinweise:

- Auf **Schädigungen an Herz und Gefäßen**, insbesondere bei Menschen mit bestehenden Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen.
- Bei einem kurzfristigen Anstieg von **PM₁₀ um 10 µg/m³** schätzt die WHO eine Zunahme der Todesfälle um etwa **0,6 %** sowie die Zunahme der Krankenhauseinweisungen wegen Atemwegsbeschwerden bei älteren Menschen um etwa **0,7 %**.
- Bei PM_{2,5} wird ein stärkerer Effekt gefunden: bei einer **um 10 µg/m³** im Jahresmittel höheren **PM_{2,5}-Exposition** steigt das **Sterblichkeitsrisiko um 6 %**. Als Folge der **PM_{2,5}-Belastung** wird für Deutschland eine **um etwa 9 Monate verkürzte Lebenserwartung** genannt.

Risikogruppen sind ältere Menschen, Kinder, sowie Personen mit bestehenden Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankung sowie Asthmatiker.

Stickoxide (NO_x):

- **Definition**
- **Wirkmechanismen**
- **Gesundheitliche Risiken**

Angriffsorte für Luftschadstoffe im Atemtrakt

NO₂ ist ein Reizgas und löst beim Kontakt mit Geweben und Zellen (insbesondere im Atemtrakt und den Augen) **Reizeffekte** aus. Dies kann zu Zellschäden, Funktionsstörungen und entzündlichen Prozessen führen.

Wirkungen auf die Atemwege können sowohl nach **kurzfristiger** als auch **langfristiger** NO₂-Exposition auftreten.

Die **individuelle Empfindlichkeit** fällt recht unterschiedlich aus.

NO₂ kann in den **oberen Atemwegen** durch Bildung von **Salpetersäure** zu einer **Hyperreagibilität** der Bronchien führen. Diese Hyperreagibilität ist ein Risikofaktor für die Entwicklung allergischer Atemwegserkrankungen. Es kann zu **Entzündungen** und **Schädigung von Lungengewebe** kommen, v.a. bei schon bestehenden Atemwegserkrankungen. Dementsprechend reagieren **Asthmatiker** und **Bronchitiker** besonders empfindlich gegenüber einer NO₂-Exposition.

Weitere Risikogruppen sind Kinder. Bei ihnen können Lungenfunktionsverschlechterungen und Defizite in der Lungenfunktionsentwicklung auftreten.

Aufgrund seiner **geringen Wasserlöslichkeit** dringt aber der überwiegende Anteil des eingeatmeten NO₂ bis in die **Alveolen** vor. Auch dort werden Zellschäden und entzündliche Prozesse ausgelöst.

Was ist die **Diesel-Affäre** ?

- Der VW-Konzern hat jahrelang **Dieselautos** so **manipuliert**, dass sie zwar auf dem Prüfstand, nicht aber auf der Straße die Abgasgrenzwerte einhalten.
- Der Betrug wurde im September **2015** in den USA **aufgedeckt**, der Konzern gestand die Manipulationen ein.
- Weltweit sind 11 Millionen Fahrzeuge betroffen (die meisten in Europa), neben VW auch Audi und Skoda. Manipulationsvorwürfe gibt es auch gegen Porsche, Daimler und BMW.
- Beim sog. **Dieseltippel** im August **2017** sagten die deutschen Autohersteller zu, 5 Millionen Dieselfahrzeuge mit einem Software-Update auszustatten.
- Zusätzlich bietet VW Besitzern alter Dieselautos Prämien von bis zu 10 000 Euro beim Kauf eines Neuwagens.
- In den **USA** einigte sich der VW-Konzern mit den Behörden zur Zahlung von **13 Milliarden Euro** Entschädigung.

Was ist die **Diesel-Affäre** ?

- Ende Januar 2018 wurde bekannt, dass eine von VW, BMW, Daimler und Bosch finanzierte und inzwischen aufgelöste Forschungsorganisation (**EUGT**)* bereits 2014 Tierversuche mit **Dieselabgasen** an **Affen** in Auftrag gegeben hat.
- Zudem gab es Tests mit Menschen, die sich als Probanden zur Verfügung stellten. --→ **nur Stickoxide**
- Die Ergebnisse wurden nie veröffentlicht.
- VW bedauerte die Versuche; Daimler, BMW und Bosch distanzieren sich davon.
- VW kündigte an, künftig Tierversuche auszuschließen.

-
- EUGT: Europäische Forschungsvereinigung für Umwelt und Gesundheit im Transportsektor

Lösungsmöglichkeiten und Strategien

(1) Umleitung des Verkehrs ?

ABER:

- nur Verlagerung des Problems?
- wie beschildern ?
- wie regeln und kontrollieren ?
- wie „bestrafen“?

(2) Spezial Straßenbelag: Titandioxid

- Per Hand wird der Spezial-Asphalt auf die Fahrbahn aufgetragen.
- Der graue Spezialbelag enthält Titandioxid; dieses wird durch die UV-A-Strahlen der Sonne aktiviert
- Schadstoffe wie Stickoxide werden zersetzt (Photokatalyse).
- Die Oxide werden in wasserlösliche **Nitrate** umgewandelt und über das Regenwasser in die Kanalisation gespült.

(3) Software-Update

- Deutsche Pkw-Hersteller bieten an, einen Großteil ihrer Euro-5- und teilweise Euro-6-Diesel-Pkw über Software-Updates nachzurüsten.
- Bei VW ist es ein Umrüst-Zwang, bei anderen Herstellern freiwillig.
- Die Updates betreffen Millionen Autos.
- ADAC Tests bei VW mit dem reinen Software-Update bewiesen ein NOx-Verbesserungspotential von etwa **25 Prozent**.
- Mehr ist nur mit einer Hardware-Nachrüstung mit **SCR-Kat** und **AdBlue-Einspritzung** möglich.

(4) Nachrüstung mit SCR-Systemen

- SCR-Systeme (Selective Catalytic Reduction) können mit AdBlue® als Reduktionsmittel zu einer Reduzierung der NO_x-Emission bis zu 90% beitragen.
- Bei der SCR-Technologie werden die Stickoxide nachmotorisch in einem Katalysator in elementaren Stickstoff (N₂) und Wasser (H₂O) umgewandelt.
- AdBlue® wird in einem separaten Tank im Fahrzeug mitgeführt (geregelt) in den Abgastrakt eingespritzt.
- AdBlue: 32,5 % Harnstoff und 67,5 % Wasser (demineralisiert)

Weitere toxikologische Themen z.B.

- Toxizität von Aluminiumfolie
- Ethoxyquin im Zuchtlachs
- Pestizide incl. Glyphosat
- Tabakrauchen
- Schiffsemissionen
- Munition im Meer
- Fracking
- Nitrat im Spinat
- PAK beim Grillen
- Acrylamid in Pommes Frites
- Dioxin, Fipronil in Eiern
- Arsen in Reiswaffeln
- Schwermetalle im Fisch
- Cadmium in Schokolade



**Institute of Toxicology and Pharmacology
for Natural Scientists
University Medical School Schleswig-Holstein
24105 Kiel
Germany**



Schließung Toxikologischer Institute in Deutschland

University on the Baltic

Thanks for your attention !