



Institut für Prävention und Arbeitsmedizin
der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung
Institut der Ruhr-Universität Bochum

Gesundheitsrisiken durch Dieselmotoremissionen

20 Jahre (Bio-) Kraftstoffforschung

Jürgen Bünger

Institut für Prävention und Arbeitsmedizin der DGUV,
Institut der Ruhr-Universität Bochum (IPA)

Sitzung des AK TRGS 554, BG Verkehr, HH, 04.04.2017

RUHR
UNIVERSITÄT
BOCHUM

RUB

Zusammensetzung von DME

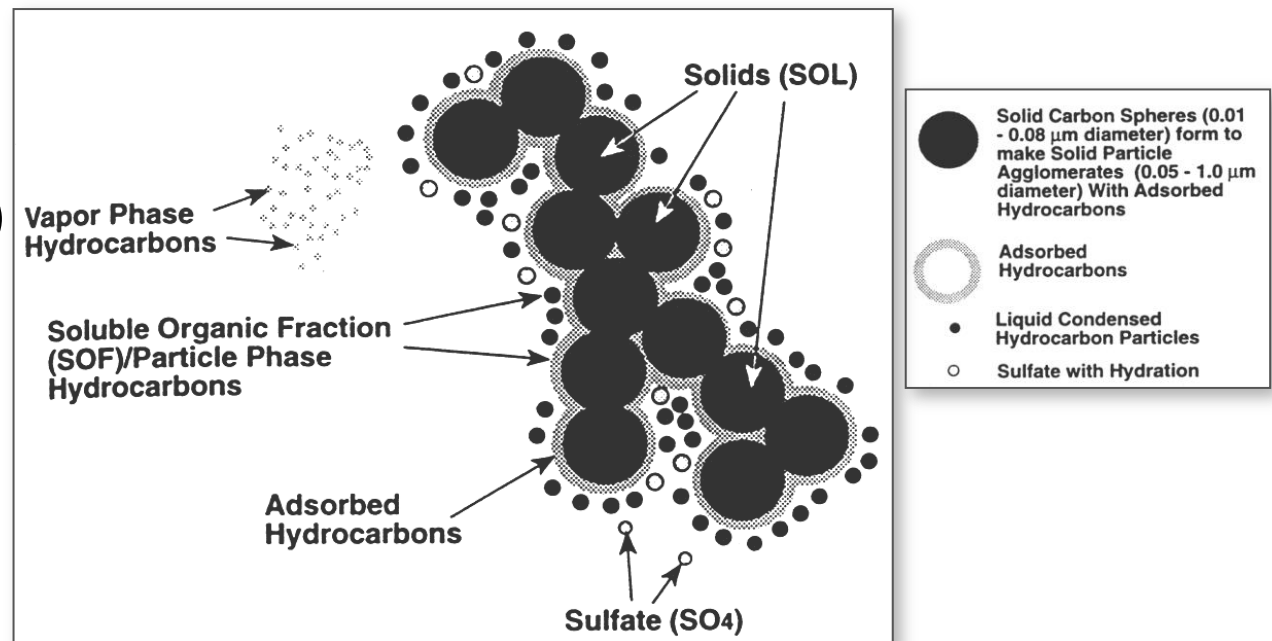
Die Verbrennung von Kraftstoffen im Dieselmotor erzeugt ein Aerosol aus zahlreichen anorganischen und organischen Komponenten, von denen die folgenden gesetzlich geregelt sind:

Kohlenmonoxid (CO)

Kohlenwasserstoffe (HC)

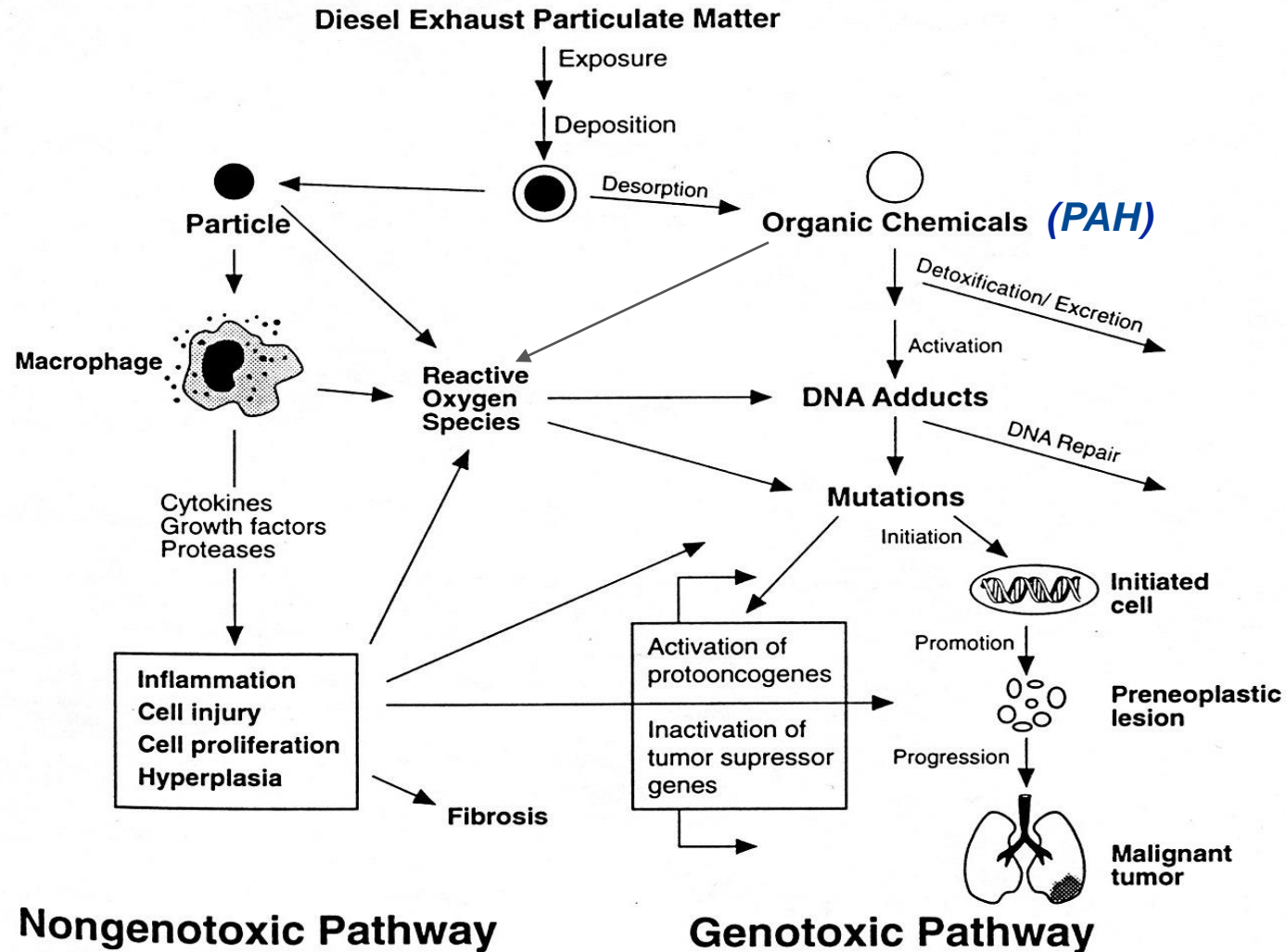
Stickoxide (NO_x)

Partikelmasse (PM)



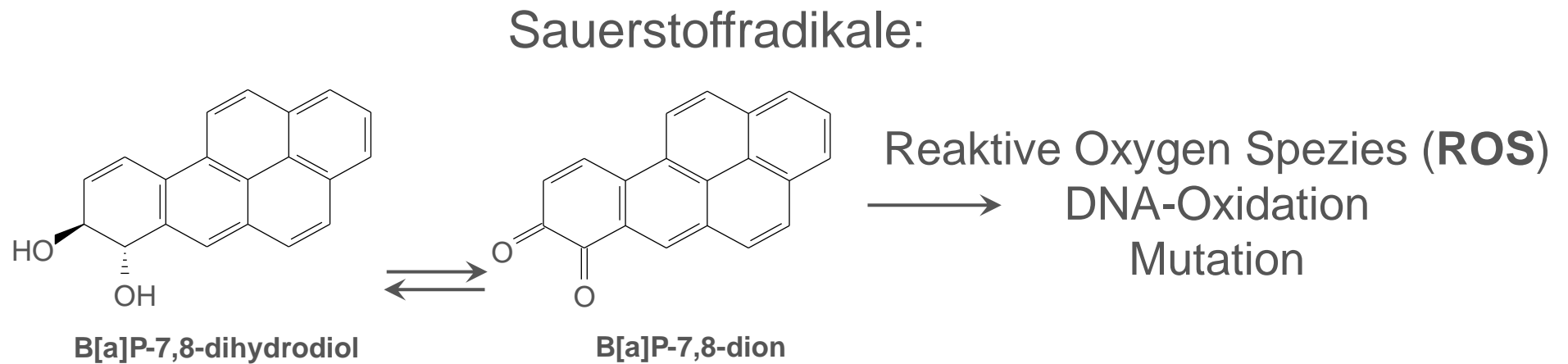
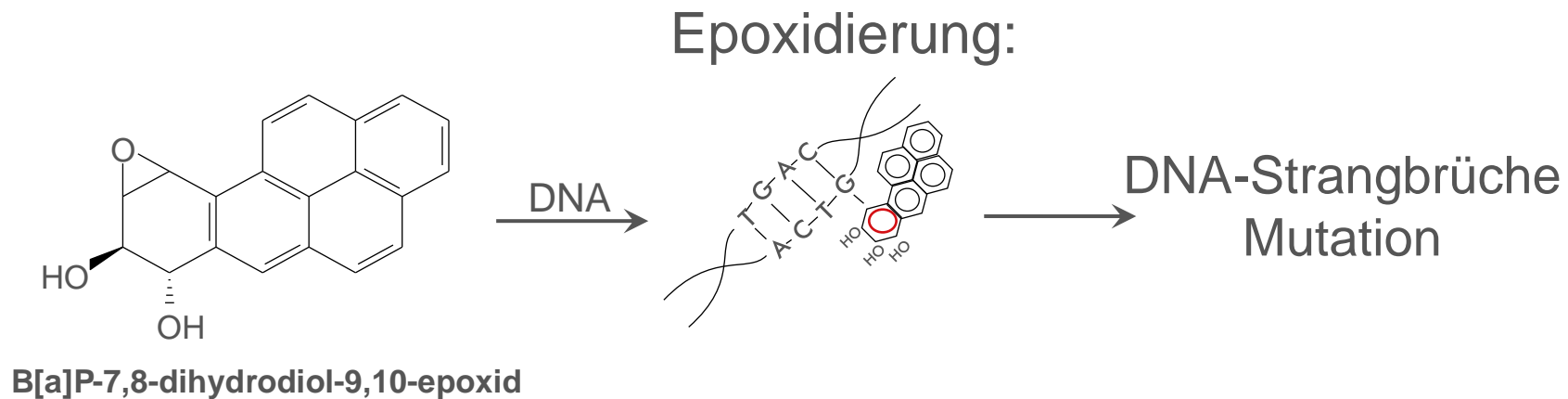
Quelle: HEI 1995

Wirkungsmechanismen von DME



modifiziert nach HEI 1995

Mutagene Wirkungsmechanismen von B[a]P



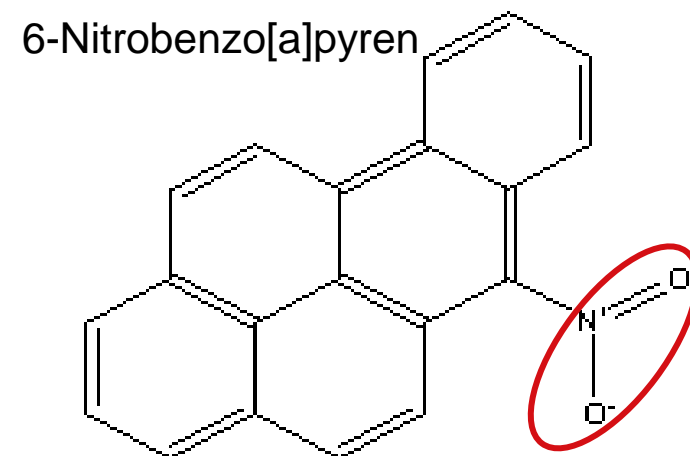
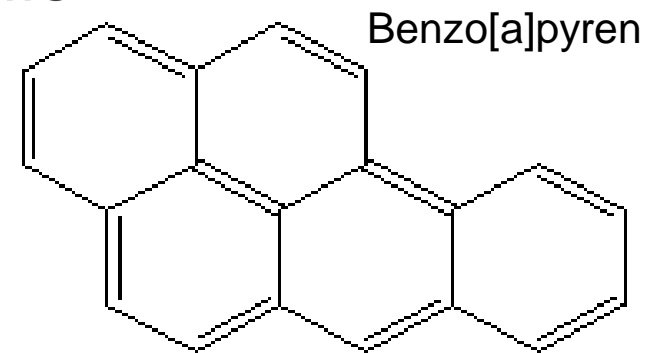
Krebserregende PAK in DME

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
(sicher humankanzerogen):

Nicht substituierte PAK
indirekt mutagen

Substituierte PAK
(z.B. Nitro-PAK):
indirekt und direkt mutagen

(>100 Einzelsubstanzen)



Neue IARC-Klassifikation (Juni 2012)

“In conclusion, the Working Group classified diesel engine exhaust as “carcinogenic to humans” (Group 1).”

Die Bewertung basiert auf Expositionen an Arbeitsplätzen in den 1950er bis 1980er Jahren.

Wie hat sich dieses Risiko durch moderne Motoren, bessere Kraftstoffe und die Abgasnachbehandlung geändert?

Emissionsgrenzwerte für Diesel-Pkw [g/km]

	Rollenprüfstand							Faktor der Absenkung
	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5 a	Euro 5 b	Euro 6	
Typprüfung	7/1992	1/1996	1/2000	1/2005	9/2009	9/2011	9/2014	
CO	3,16	1,00	0,64	0,50	0,50	0,50	0,50	6,32
HC + NO_x	1,13	0,90	0,56	0,30	0,23	0,23	0,17	6,65
NO_x			0,50	0,25	0,18	0,18	0,08	6,25
PM	0,18	0,10	0,05	0,025	0,005	0,005	0,0045	40,00

Emissionsgrenzwerte für Diesel-Lkw [g/kWh]

	Motorenprüfstand							
Norm	Euro I	Euro II	Euro II	Euro III	Euro IV	Euro V	Euro VI	Faktor der Absenkung
Typprüfung	1/1992	10/1996	10/1998	10/2000	10/2005	10/2008	01/2013	
Testzyklus	ESC R-49	ESC R-49	ESC R-49	ESC	ESC	ESC	WHSC	
CO	4,5	4,0	4,0	2,1	1,5	1,5	1,5	3
HC	1,1	1,1	1,1	0,66	0,46	0,46	0,13	8,5
NO_x	8,0	7,0	7,0	5,0	3,5	2,0	0,40	20
PM	0,612	0,25	0,15	0,10	0,02	0,02	0,01	61,2

Datenbasis

Projekte: 32 Studien im Zeitraum 1993 - 2013

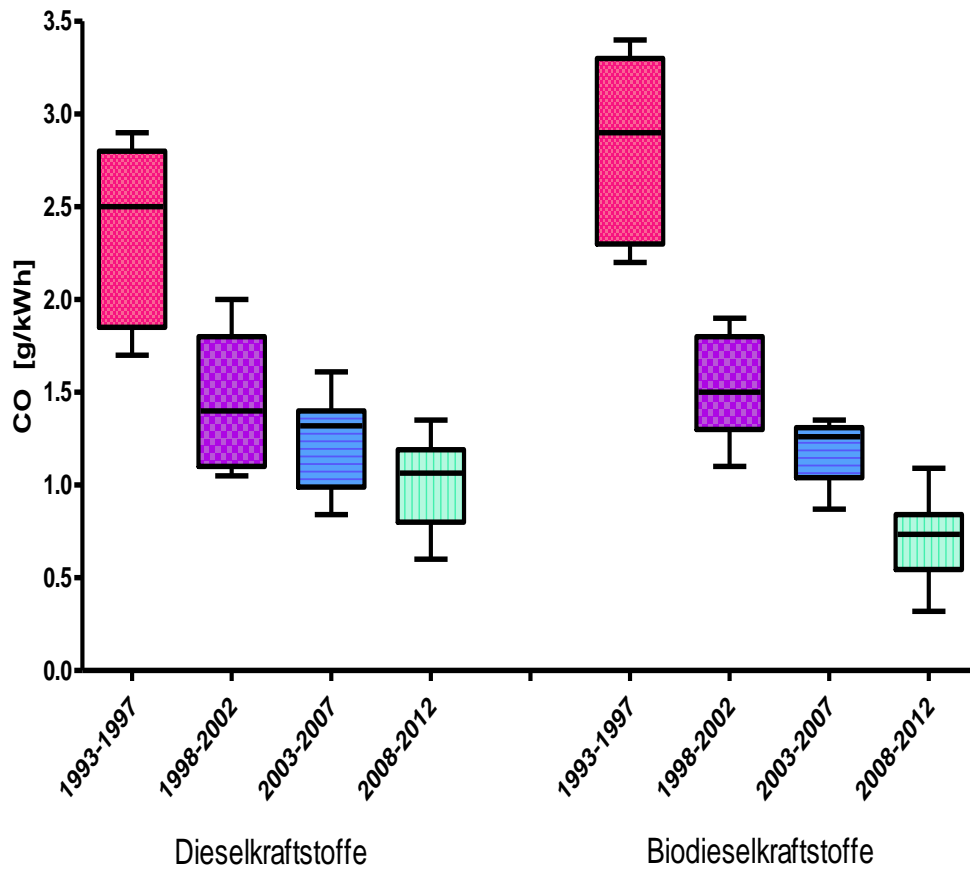
Motoren: 6 Pkw, *Euro 2 - 6*;
7 Lkw-Motoren, *Euro 0 – VI*;
2 1-Zyl.-Versuchsmotoren (*Euro 0*)

Kraftstoffe: 11 fossile (Schwefel <2 bis 500 ppm, Aromaten <1 bis 37%)
14 biogene (Schwefel <2 ppm, Aromaten <1%)

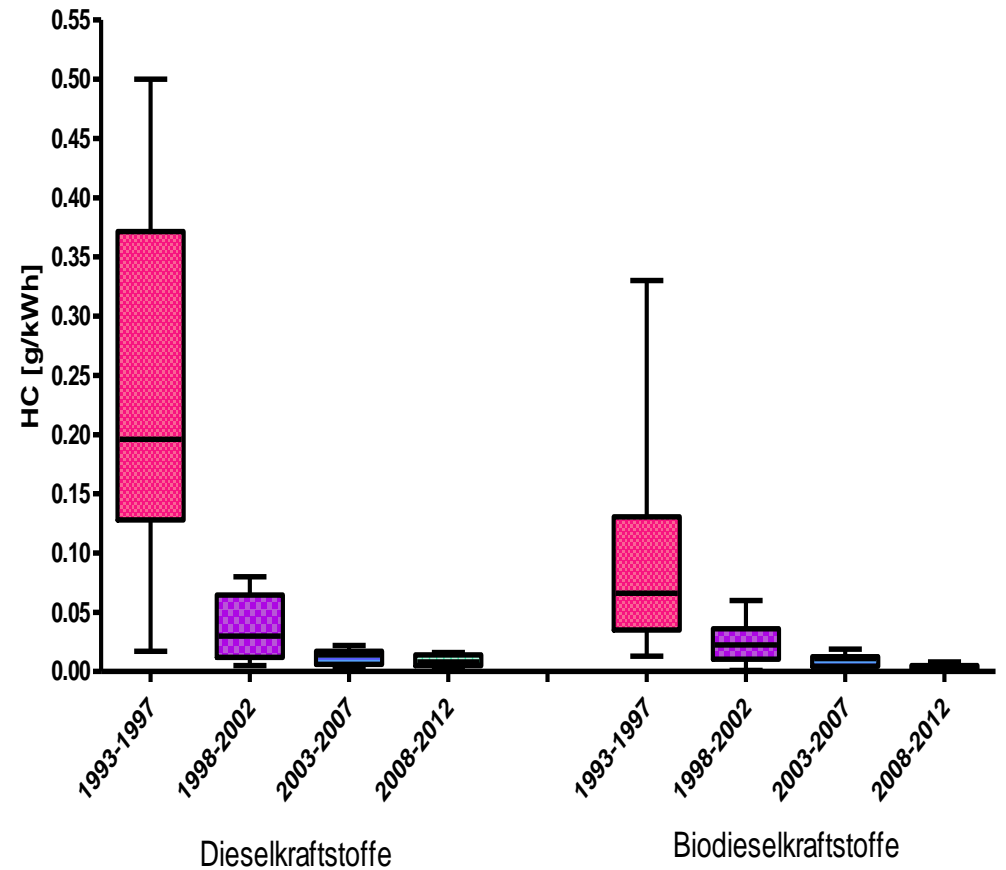
Abgasnachbehandlung: Dieseloxydationskatalysator (DOC)
Dieselpartikelfilter (DPF)
Selective Catalytic Reduction (SCR)

Kohlenmonoxid (CO)

Kohlenwasserstoffe (HC)

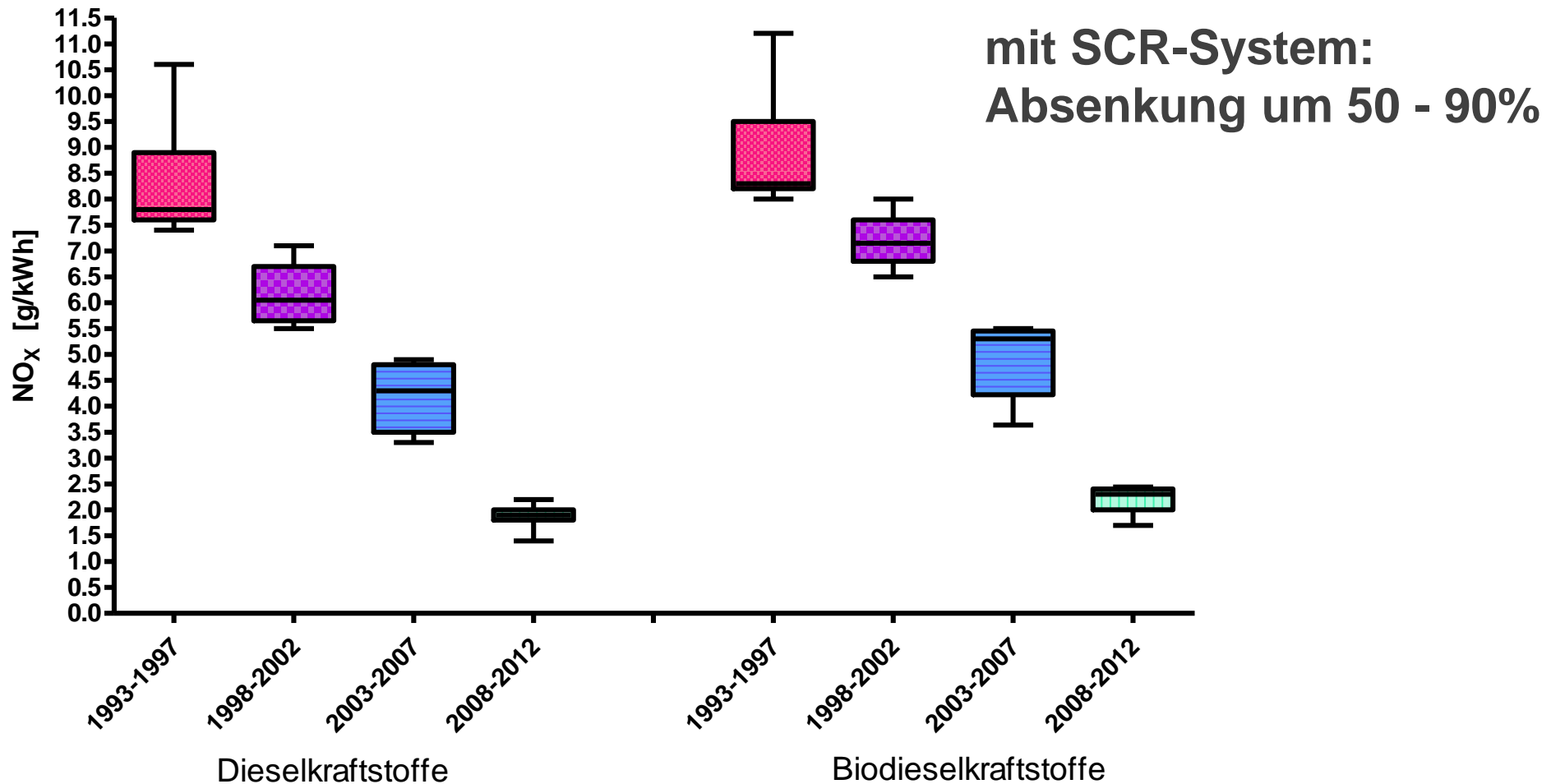


mit DOC: <0,01 g/kWh

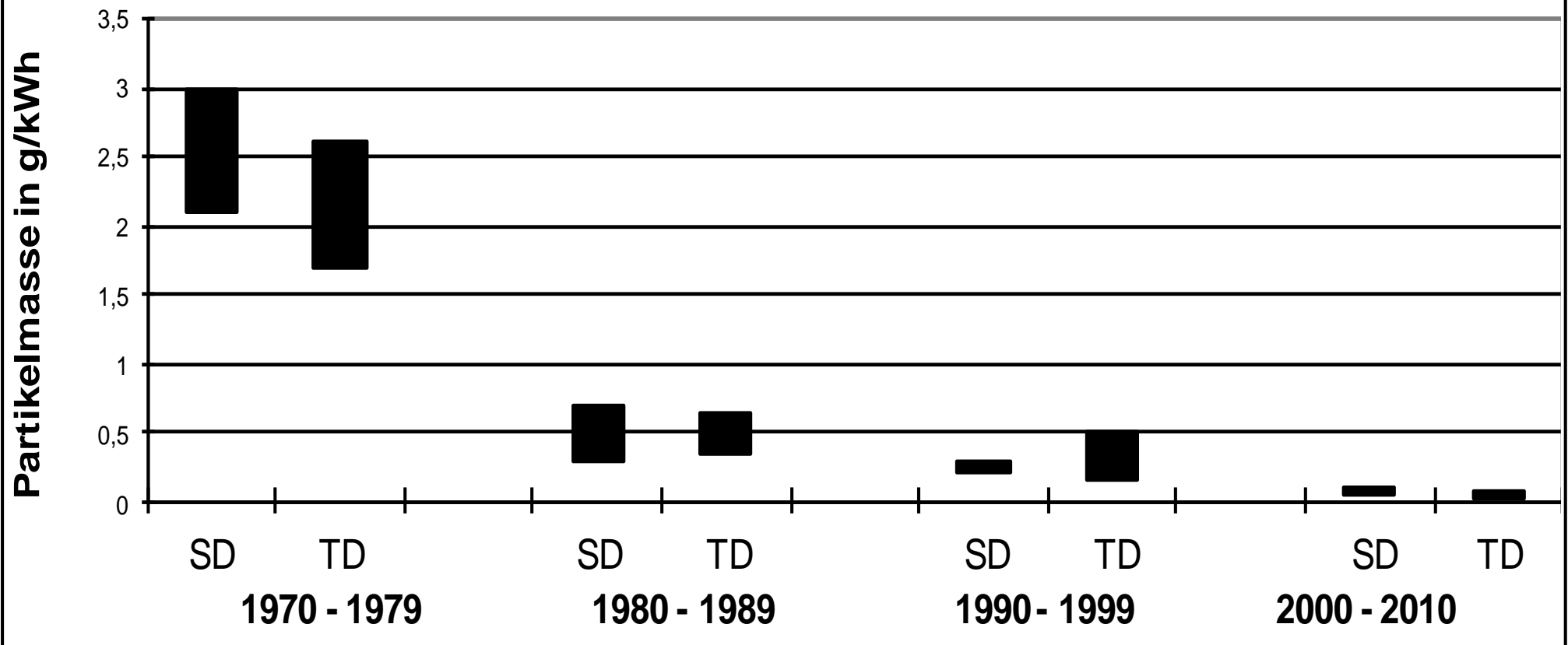


mit DOC: <0,0005 g/kWh

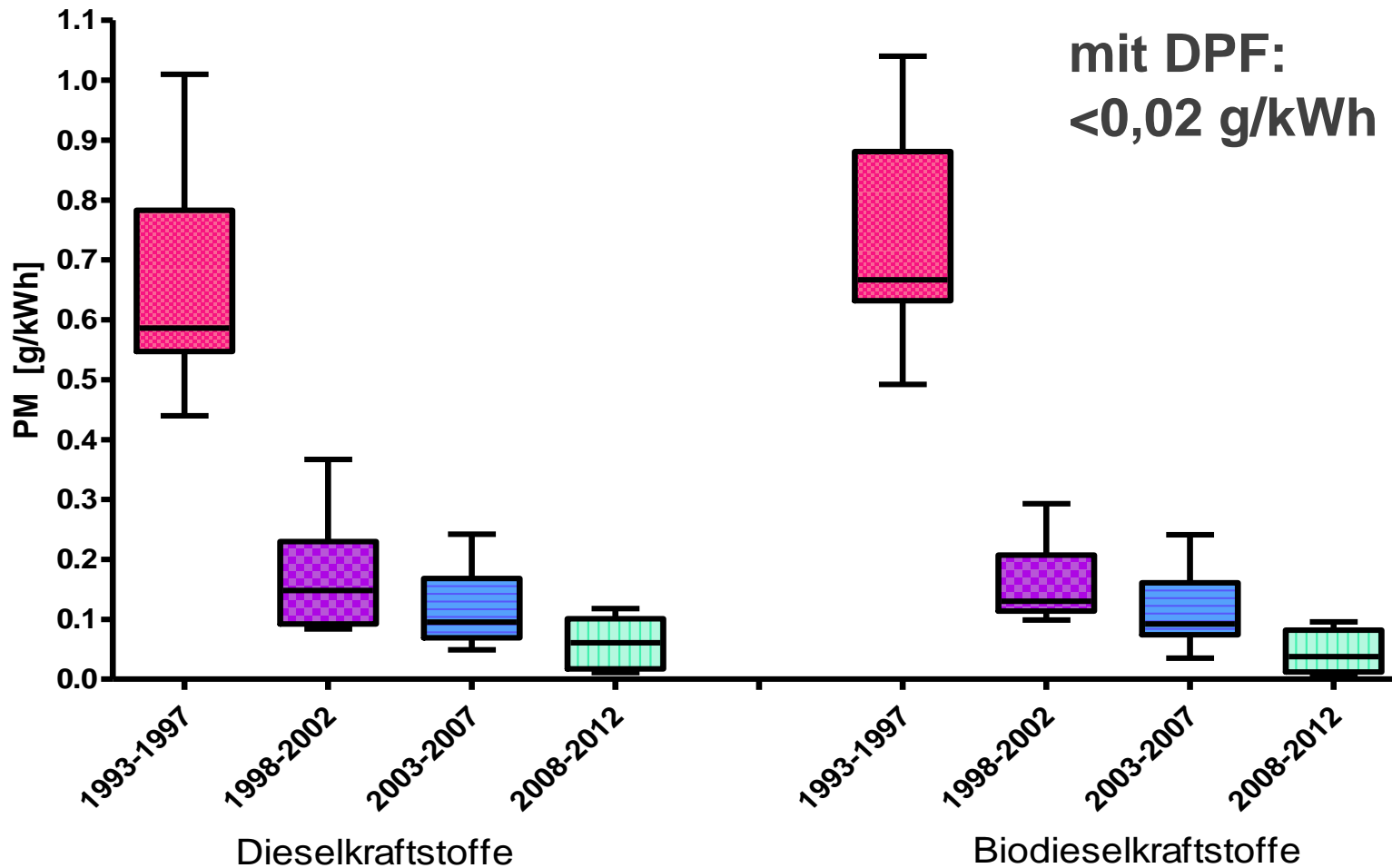
Stickoxide (NO_x)



Entwicklung der Partikelemissionen von Dieselmotoren



Partikelmasse (PM)



Herstellung der Testlösungen

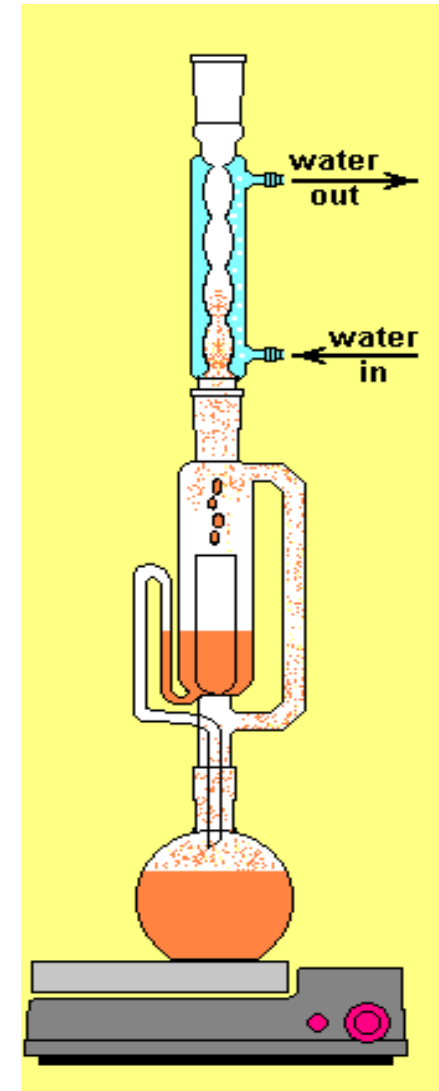
Partikelphase

Soxhlet-Extraktion der Filter über 12 h mit 150 ml Dichlormethan (ca. 40 Zyklen), Trocknung im Rotationsverdampfer

Kondensate

Trocknung im Rotationsverdampfer

Lösung der Residuen in 4 ml Dimethylsulfoxid (DMSO)



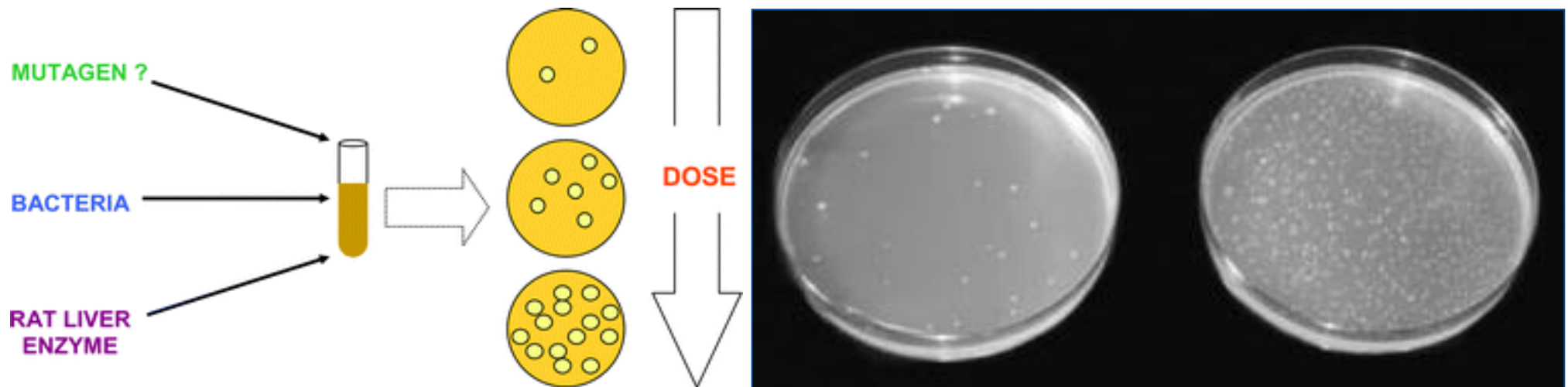
Quelle: *The Amphora Society*

Bakterieller Rückmutationstest = Ames-Test (OECD-Guideline 471)

Standardtestprotokoll nach Maron and Ames (1983) *Mutat Res* 113: 173-215

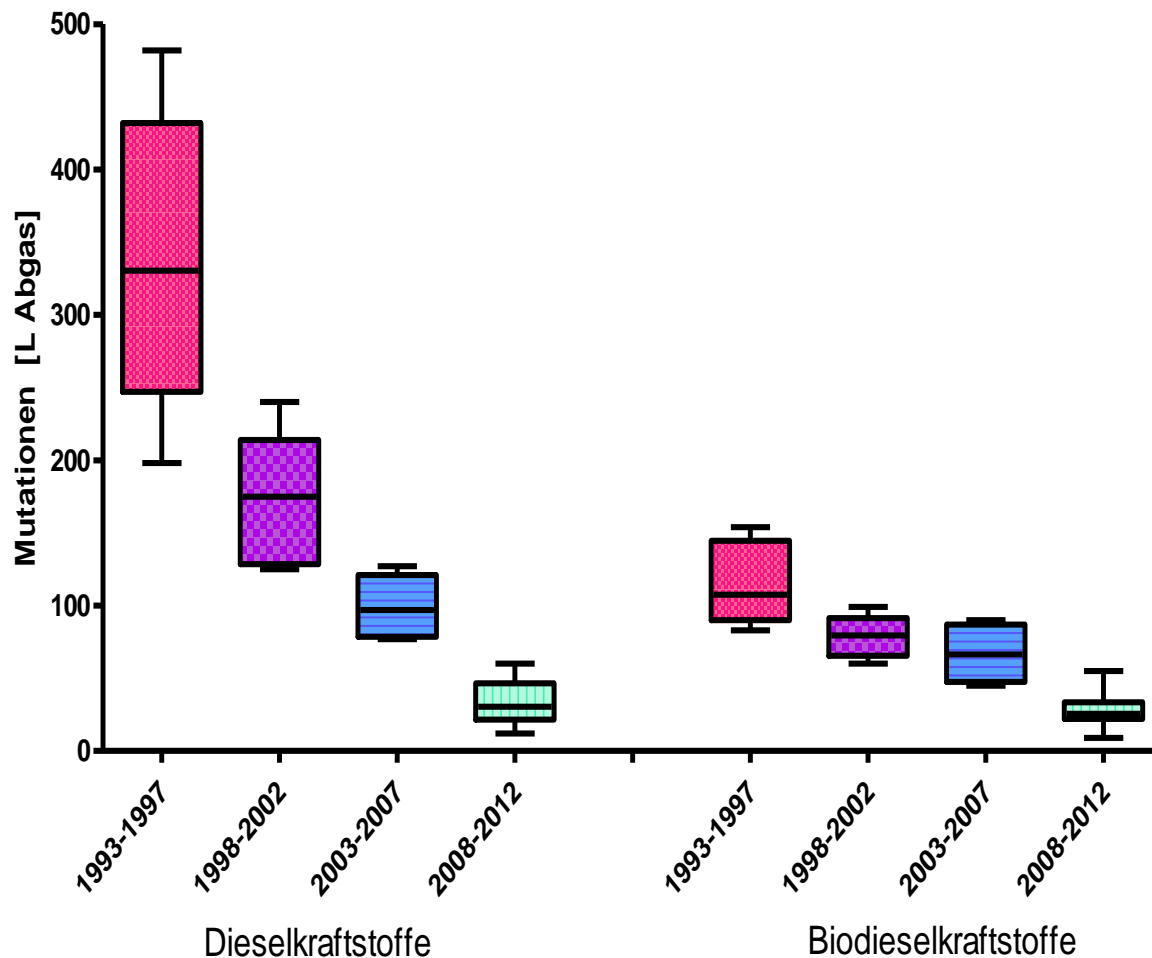
Teststämme TA98 und TA100 mit und ohne Metabolisierung durch eine mikrosomale Leberenzym-Fraktion (S9)

4 Konzentrationen; Kontrollen: DMSO, 3-NBA, 2-AF, MMS



Docherty et al. *Green Chem.*, 2006, 8, 560

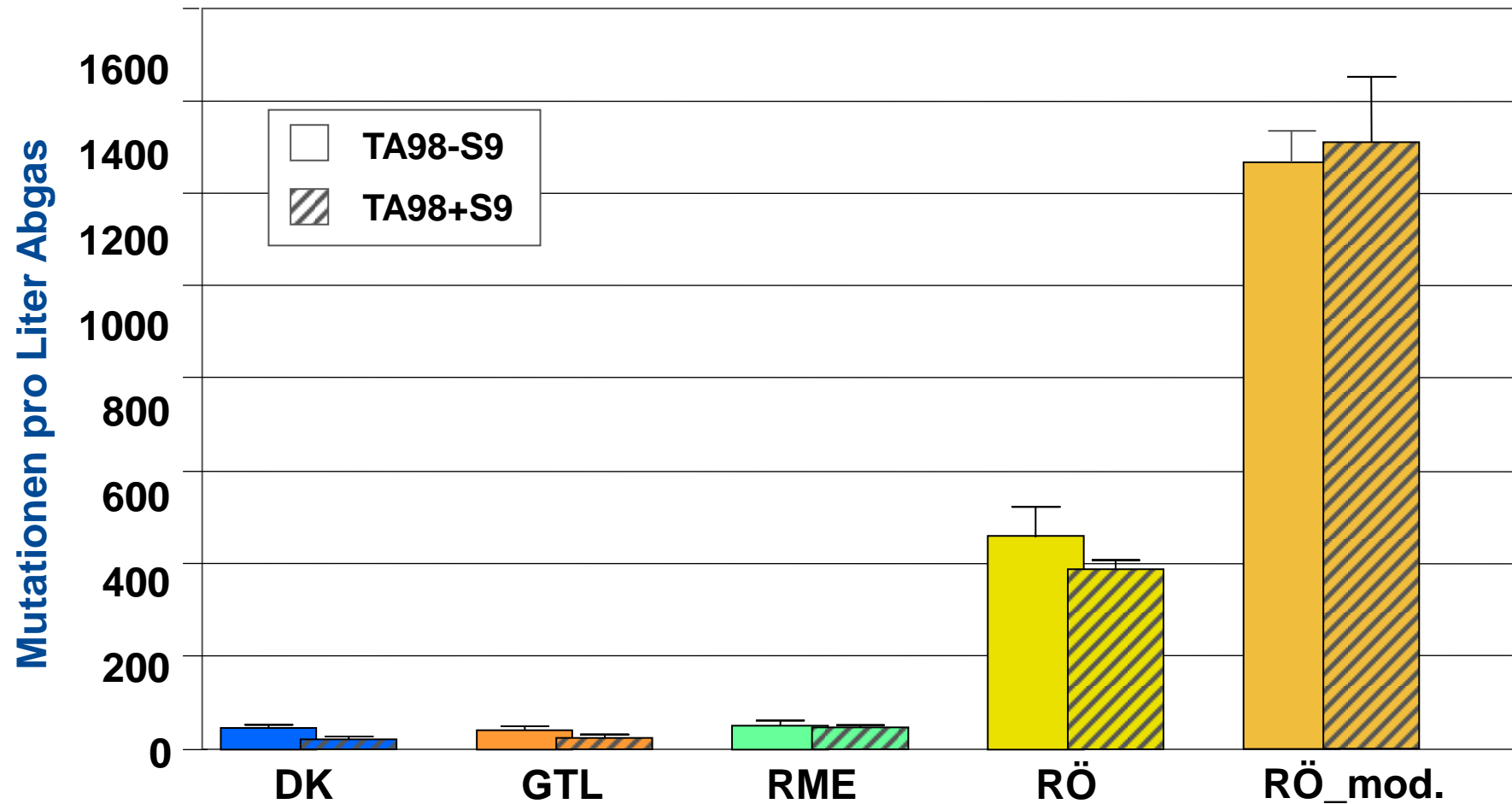
Entwicklung der mutagenen Potenz

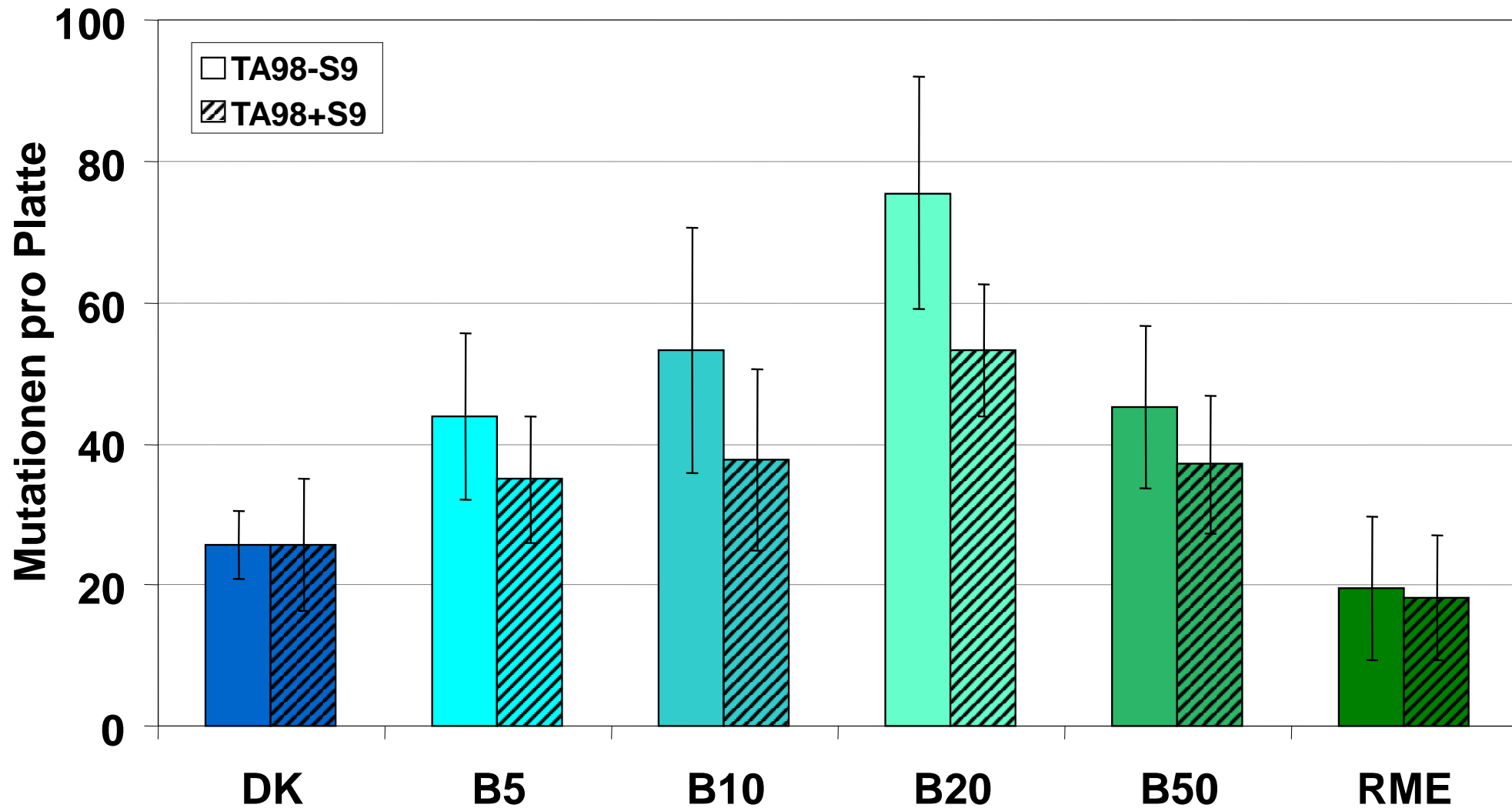


Keine signifikante Mutagenität im Ames-Test:

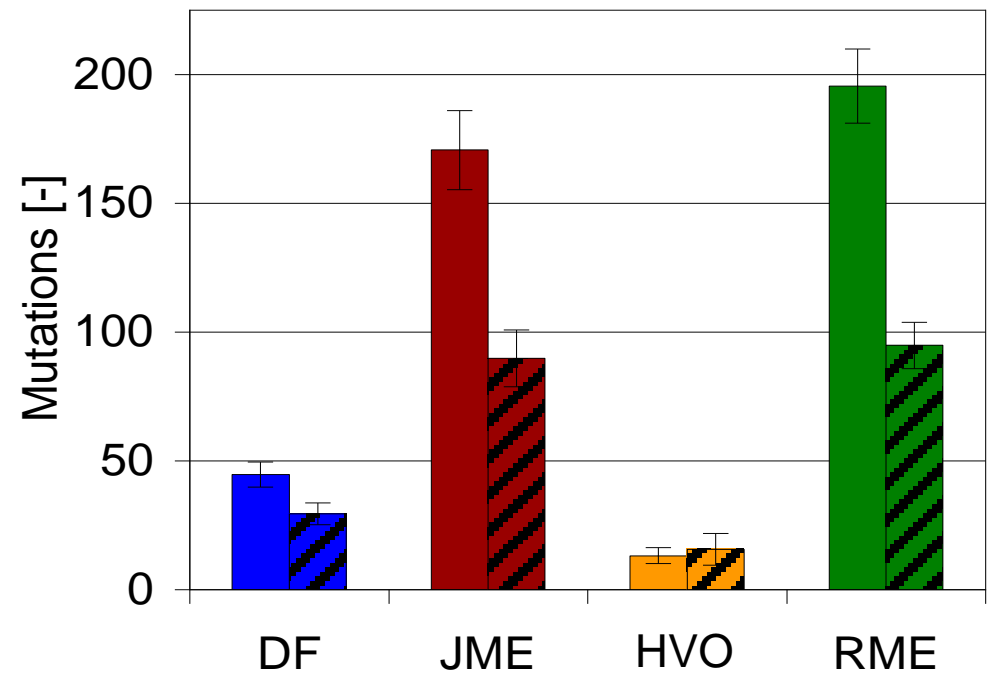
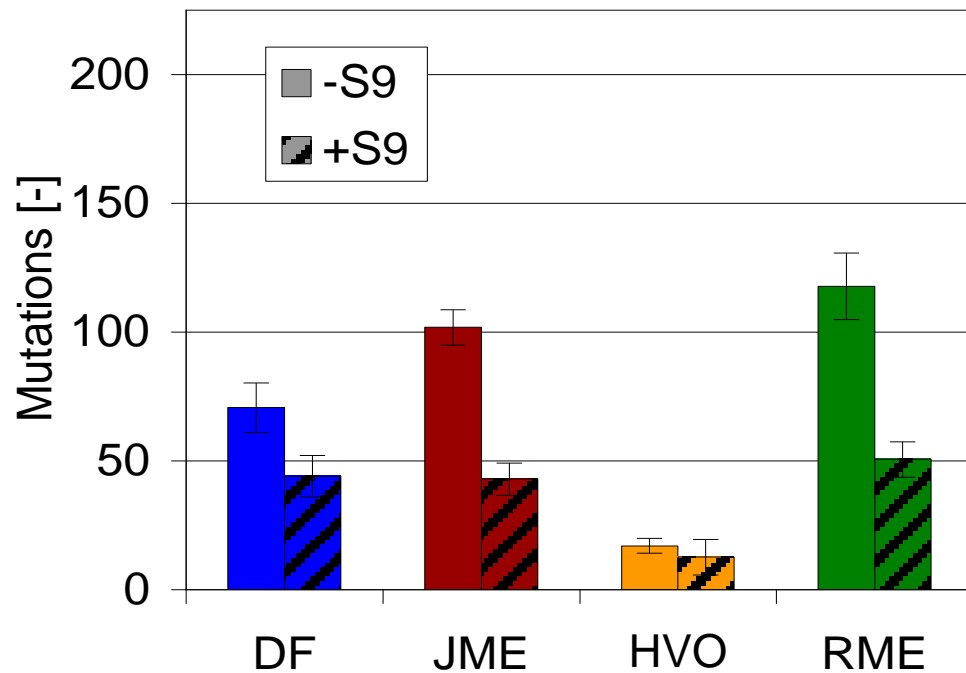
- Pkw mit Euro 5-Standard
- Pkw mit Euro 6-Standard
- Lkw mit Euro VI-Standard

Mutagenität von Partikelextrakten aus Rapsöl-, RME- und DK-Emissionen (ESC-Test, OM 906, EURO III)

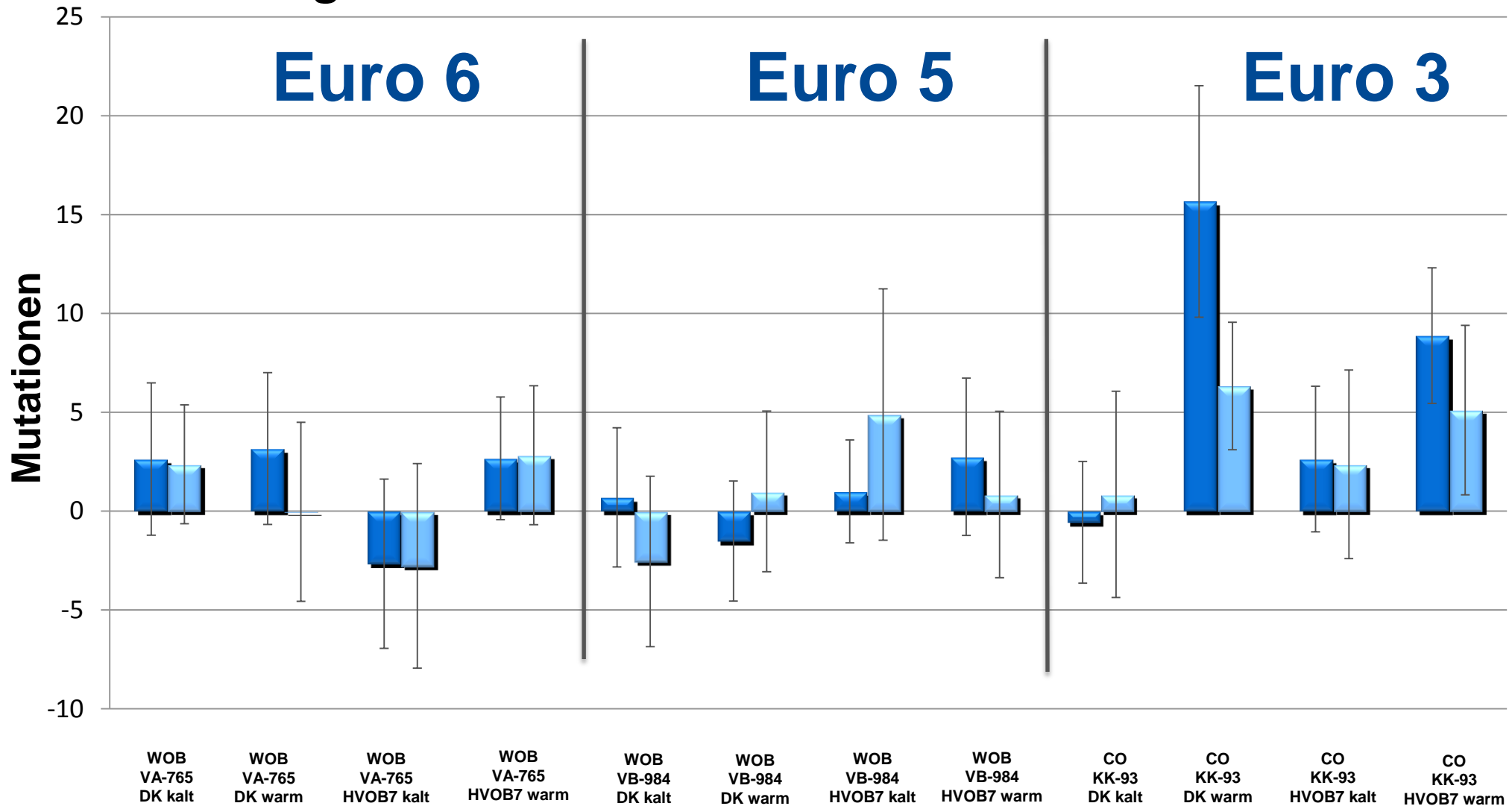




Mutagenität der Partikelextrakte und Kondensate im Stamm TA98 (*ESC Test, OM 906, Euro III*)



Mutagenität der Emissionen im Teststamm TA98 ± S9



Fazit

- » In den letzten Jahren wurden DME aus Pkw und Lkw und das damit verbundene Gesundheitsrisiko bedeutend abgesenkt. In allen anderen Bereichen muss dieses niedrige Emissionsniveau auch erreicht werden (Minimierungsgebot).
- » Ob auf dem derzeit erreichbaren niedrigen Niveau noch ein erhöhtes Risiko durch diese DME am Arbeitsplatz oder für die Allgemeinbevölkerung existiert, ist nach der vorliegenden Datenlage nicht sicher abschätzbar.
- » Im Sinne der Prävention müssen neue einzuführende Technologien und Kraftstoffe durch Emissionsmessungen und Kurzzeit-Screening-Tests zeitnah hinsichtlich der zu erwartenden Emissionen und Risiken untersucht werden.