

Partikelfiltre til biler

Trafikdage 23. – 24. august 2010 i Ålborg

Peter Jessen Lundorf
Ingeniør
Center for Grøn Transport
Bilteknisk afdeling
Trafikstyrelsen

Overblik

- Emissioner fra dieselmotorer
 - Partikler
 - Euronormer for lette og tunge køretøjer
- Partikelfilterteknologier
 - Lukkede partikelfiltre
 - Åbne partikelfiltre
 - Regenerering
- Partikelfiltre til tunge køretøjer
 - Principgodkendelsesordningen (miljøzoner)
- Partikelfiltre til lette køretøjer
 - Tysk godkendte partikelfiltre
 - Undersøgelser fra Schweiz og Holland
 - Blow-off
- Resumé

De vigtigste emissioner fra en dieselmotor

- Kuldioxid - CO_2
- Kulbrinter – HC (omdannes i katalysatoren til H_2O og CO_2)
- Nitrogenoxid - NO_x (fællesbetegnelse for NO og NO_2)
- **Kulstofpartikler** – C (sodpartikler – omdannes til CO_2)
- Kulmonoxid – CO (omdannes i katalysatoren til CO_2)
- Svovldioxid – SO_2 (svovlindhold i dieselbrændstoffet maks. 10 ppm siden 2005 i DK)

Trade-off

Motorkonstruktørernes dilemma:

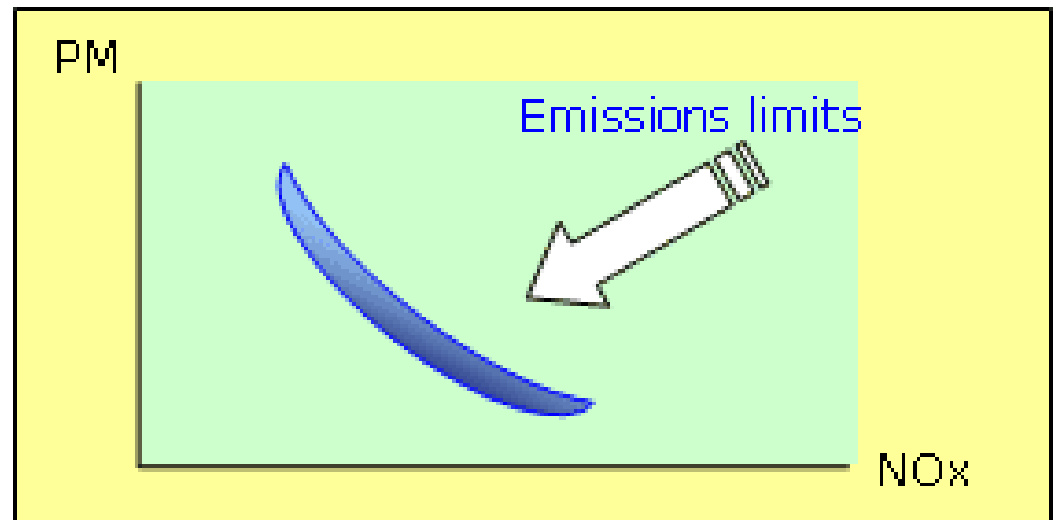
Højere forbrændingstemperatur → øget NO_x - udledning

Lavere forbrændingstemperatur → øget partikelmasse (PM = particulate Mass)

EGR (Exhaust Gas Recirculation)

Partikelfilter

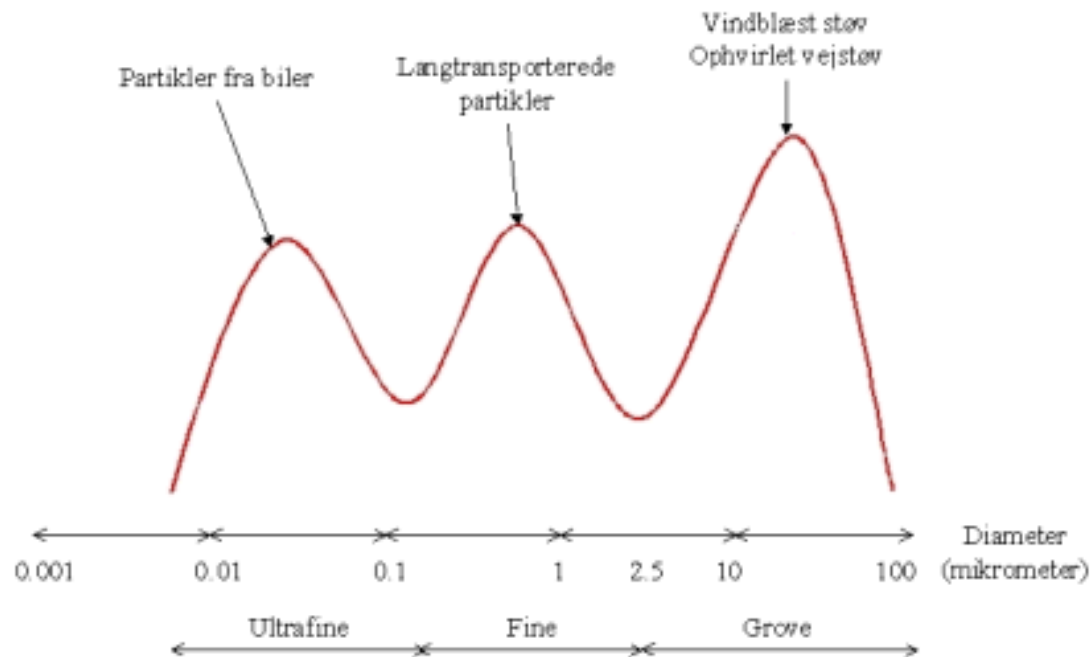
SCR (Selective Catalytic Reductant)



Partikler

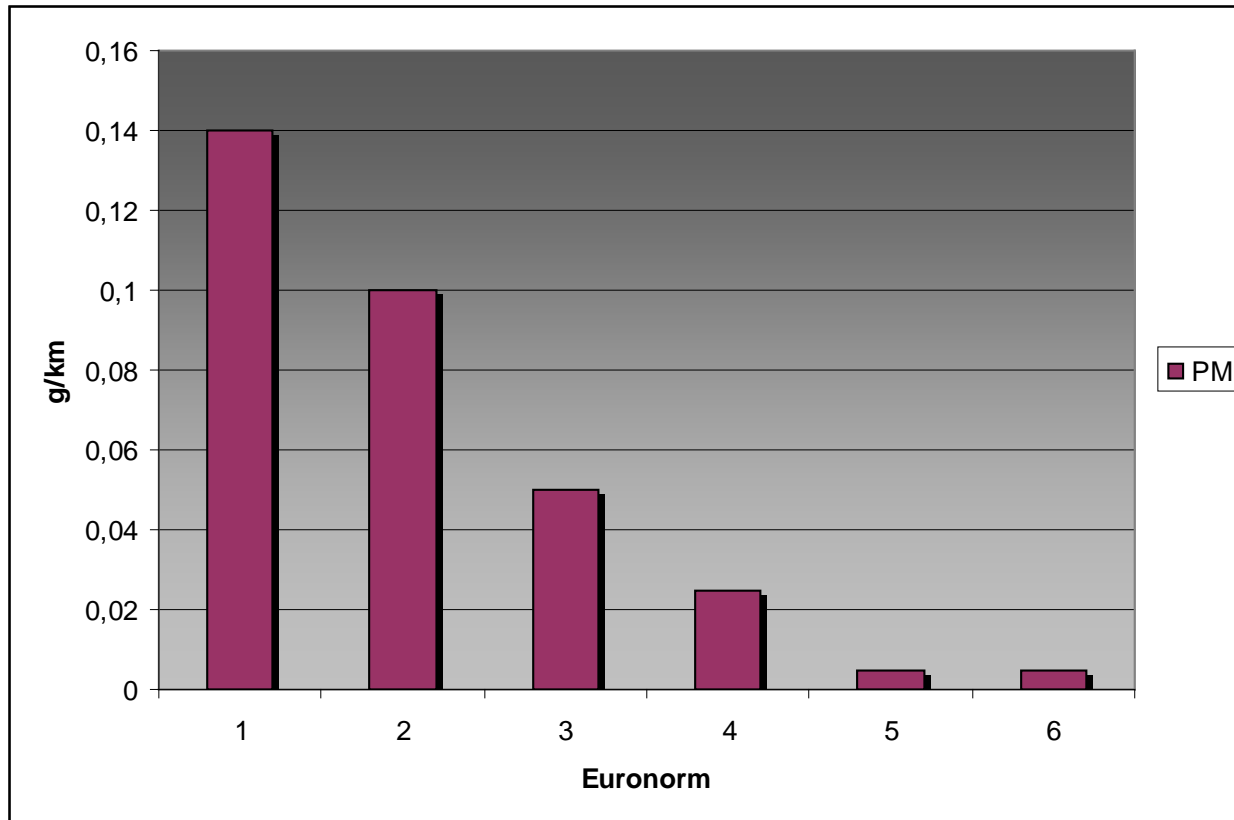
Luftens indhold af partikler:

- **Ultrafine** (over 90 % af de dannede partikler fra en dieselmotor er mindre end 1 mikrometer i diameter)
- **Fine**
- **Grove**



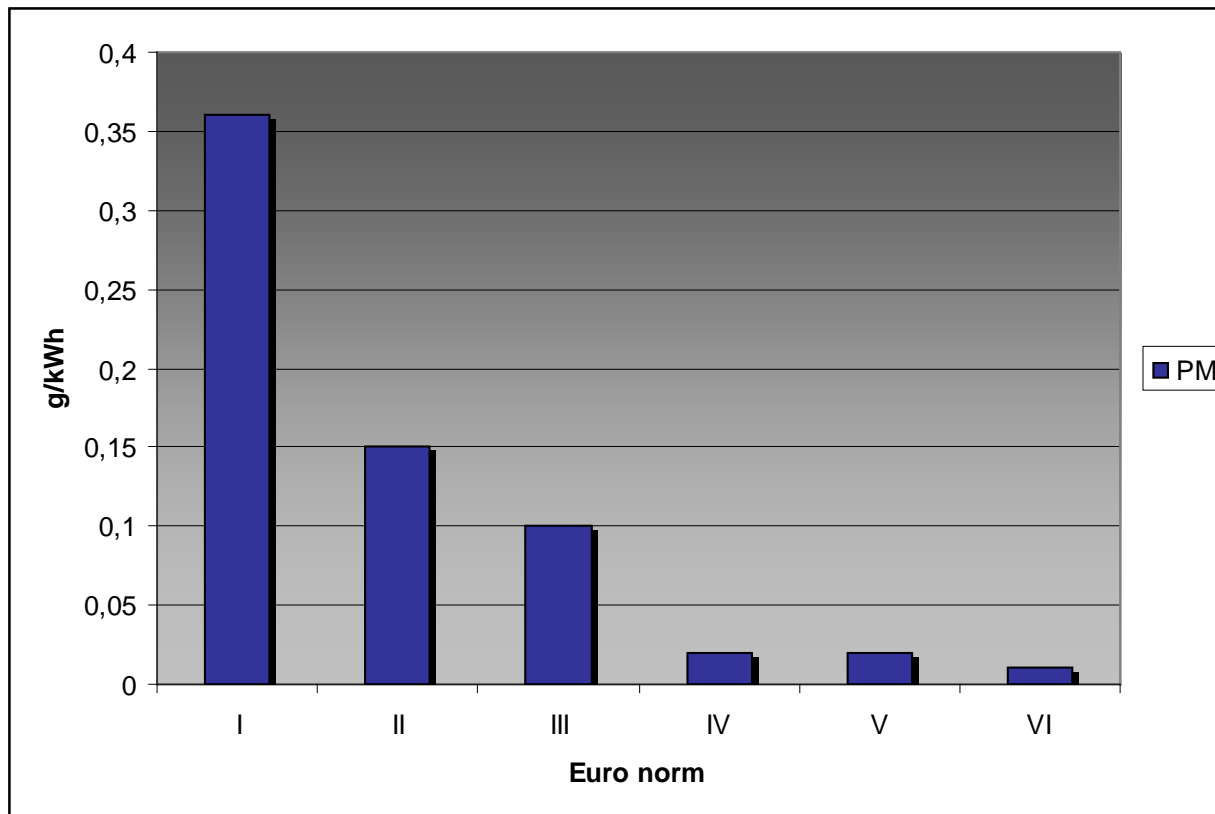
Euro-normer **lette** køretøjer

- Euro 4 trådte i kraft i 2006
- Euro 5 medfører partikelfilter
 - Januar 2011 for personbiler (5 mg/km – også DI benzinbiler)
 - Januar 2012 for varebiler (5 mg/km – også DI benzinbiler)



Euro-normer **tunge** køretøjer

- Euro V trådte i kraft i 2009
- Euro VI
 - Januar 2014 med skærpede grænseværdier for HC, NO_x og partiklers masse og antal



Hvad sker der i partikelfilteret?

- Lagring af partikler
 - kapacitet (sodmængde)
 - mikrostrukturer (modtryk og effektivitet)
- Regenerering af partikler
 - Temperaturafhængig

Regenerering - rensning af partikelfilter

Generelt kræves mellem ca. 300-600 gr.C for oxidering af sodpartikler

- Aktive systemer (lukkede partikelfiltersystemer)
 - Post Injection
 - Indsprøjtning direkte i udstødningssystemet
- Passivt system (åbne og lukkede partikelfiltersystemer)
 - CRT (continuous regeneration trap)
- For sænkning af nødvendig oxideringstemperatur
 - Coating på filter (platin, palladium)
 - Additiver (tilsættes i brændstof)

Lukkede partikelfiltre

Lukkede partikelfiltre:

Eftermonteres typisk på tunge køretøjer såsom busser og lastbiler

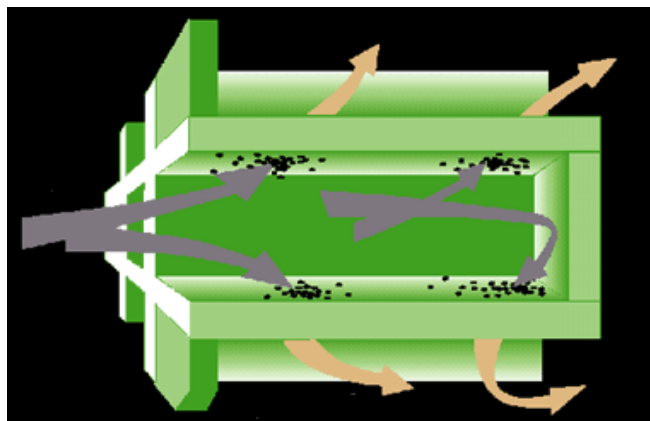
Omkostningstungt og kompliceret at eftermontere på person- og varebiler

Tunge køretøjer over 3.5 ton

- Miljøzoner – København, Frederiksberg, Århus (1. sept.), Ålborg og Odense
 - Krav:
 - principgodkendte partikelfiltre (lukkede, effektive partikelfiltre)
 - Eller minimum Euro IV

Principgodkendelsesordning for tunge køretøjer - 2006

- Hjemmel i miljøbeskyttelsesloven
- Trafikstyrelsens kravspecifikation (effektivt/lukket partikelfilter)
- Teknologisk Institut administrerer godkendelserne
- Foreløbig ca. 35 godkendte partikelfiltersystemer fra ca. 15 fabrikanter



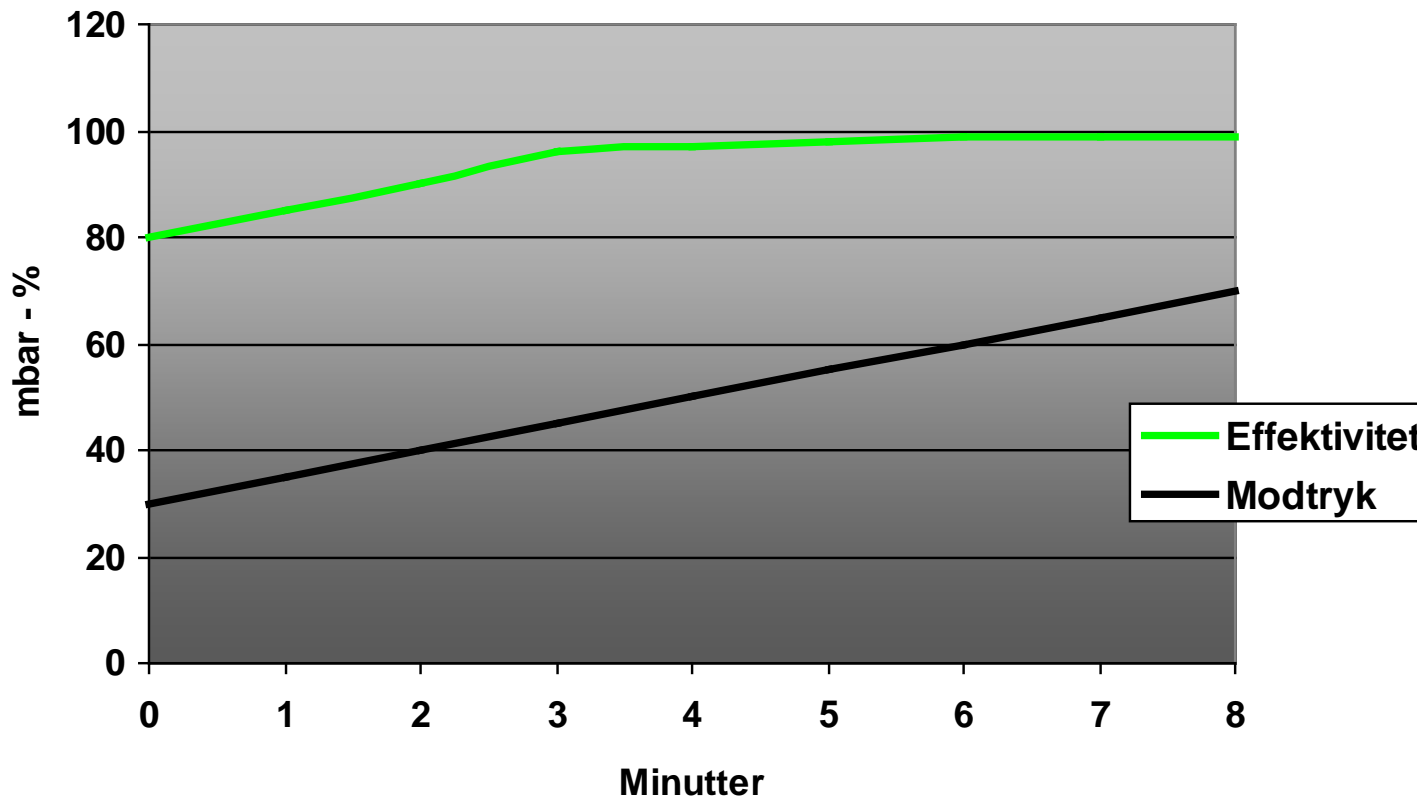
Lukkede partikelfiltre

- Filtreringseffektivitet $> 80 \%$ (kan nærme sig 100%)
- Udvikling startede for alvor omkring 80'erne
- Silicium carbid (SiC), Cordierit, keramiske fibre, metal fibre
- Relativt få producenter af lukkede partikelfiltre til lette og tunge køretøjer



Lukkede partikelfiltre

Filtreringseffektivitet og modtryk



Åbne partikelfiltre

Åbne partikelfiltre

- Kan i princippet relativt let eftermonteres på alle dieselmotorer
- Har ikke betydning for motorens øvrige drift og holdbarhed
- Skal ikke vedligeholdes

Partikeludledningsafgift på 1.000 kr./år - 1. april 2010

Gælder for:

- alle personbiler med dieselmotor
- alle nye varebiler registreret 1. gang efter den 18. marts 2009

Godkendte partikelfiltre:

- Tysk godkendte åbne partikelfiltre (åbne)
 - **eller** partikelfiltre godkendt efter tilsvarende regler
- Fabriksmonterede partikelfiltre (5 mg/km)

Tysk godkendte åbne partikelfiltre

- Minimum 30 % reduktion af partikeludledningen
- Godkendelsesprocedure
 - 4.000 km i rullefelt
 - NEDC (New European Driving Cycle)
 - Maksimalt 4 % stigning i brændstofforbruget
 - Katalysator maks. 5 år eller 80.000 km

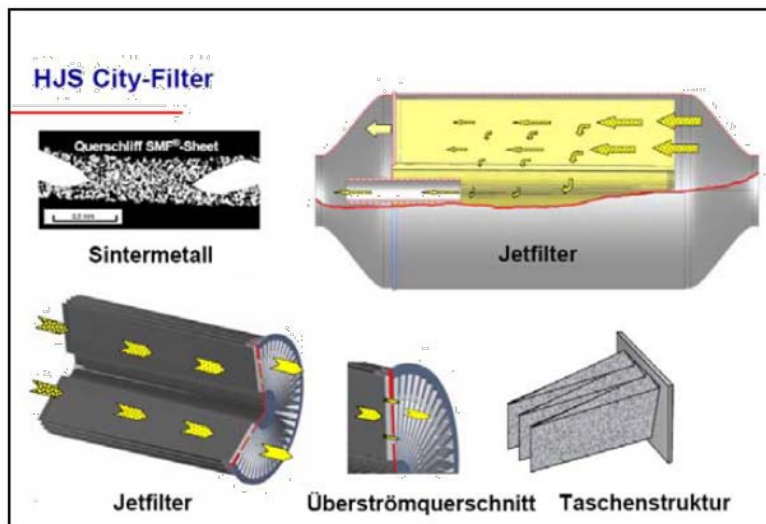
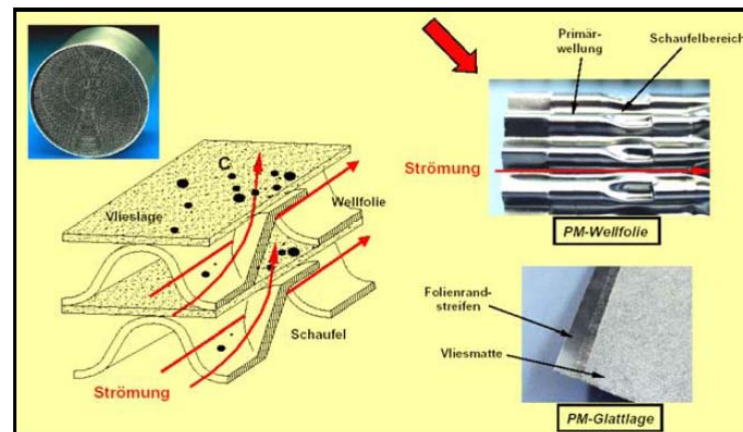
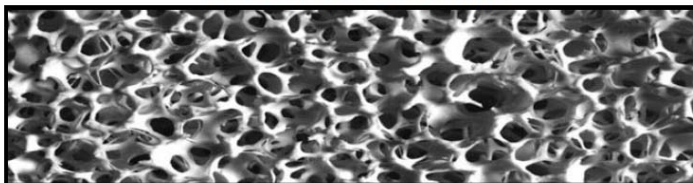
Åbne partikelfiltre

- Metalfolie
- Sintermetal
- Keramisk skum

metallische Schäume

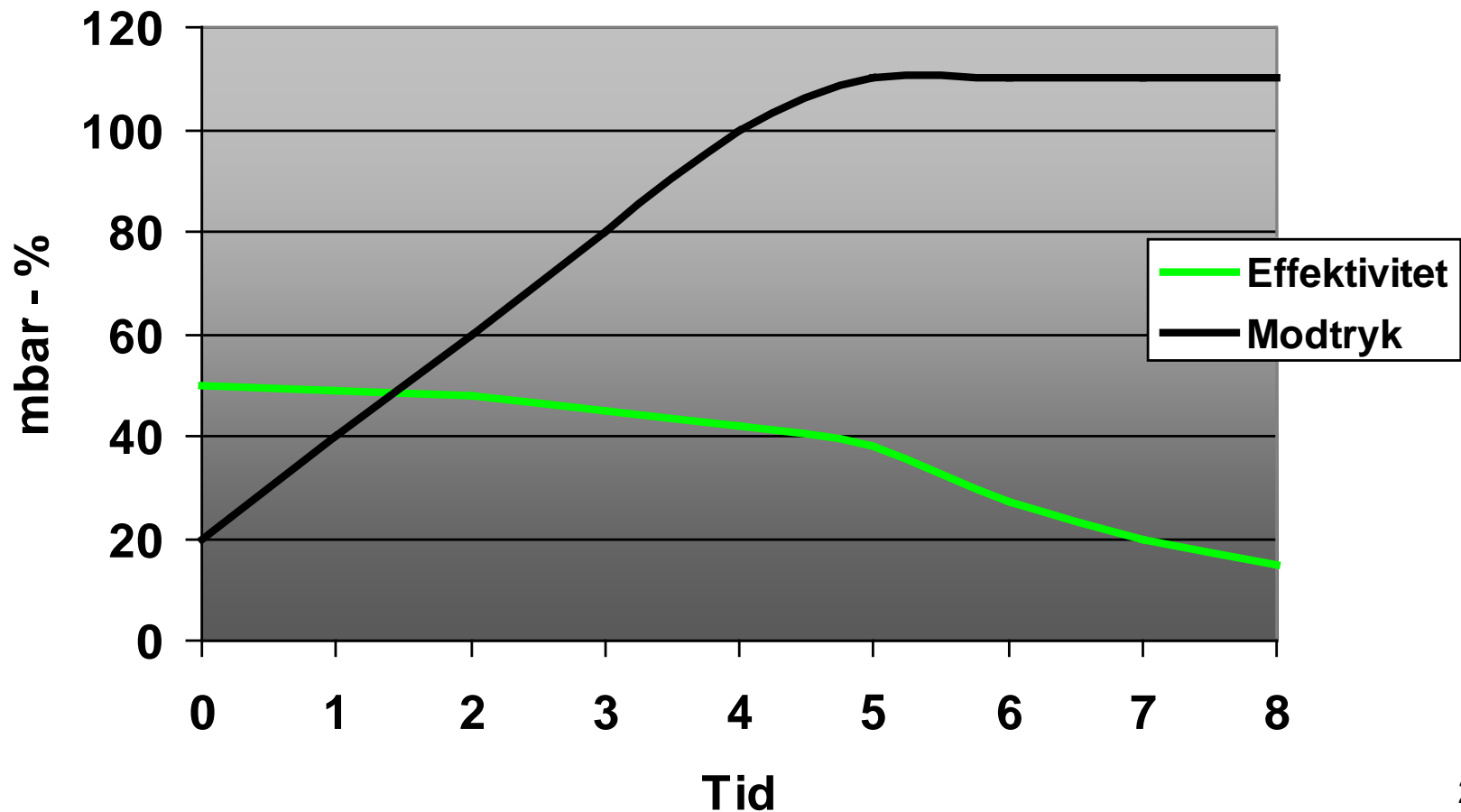


keramische Schäume



Åbne partikelfiltre

Filtreringseffektivitet og modtryk



Testrappporter – åbne partikelfiltre

- *”Messtechnische Untersuchung offener Partikelminderungs-systeme”*
 - oktober 2006 – marts 2007,
 - Berner Fachhochschule, Dipl. Ing. Andreas Mayer, TTM, Schweiz
 - Bestilt af Umweltbundesamt (UBA) – uafhængig miljøorganisation
- *”Evaluation of particulate filtration efficiency of retrofit particulate filters for light duty vehicles”*
 - oktober 2009
 - TNO, René van Asch, Delft i Holland
 - Bestilt af det Hollandske miljøministerium

Schweizisk undersøgelse

Schweizisk undersøgelse af åbne partikelfiltre

- 4 partikelfiltersystemer – Euro 3 dieselbil:
 - Pankl, Twin-Tec, HJS, GAT
- Måling af regulerede emissioner (HC, CO, NO_x og partikelmasse) samt partikelantal med forskellige målemetoder
- 8 forskellige kørecykler anvendt

Schweizisk undersøgelse - konklusioner

- 25-55 % filtreringseffektivitet både i forhold til partikelmasse og partikelantal
- Brændstofforbruget ændres ikke
- Generelt kun mindre ændringer af NO₂- udledningen

	Pankl				TWIN-TEC			
	PMAG	DCAG	CPCAG	PASAG	PMAG	DCAG	CPCAG	PASAG
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
NEFZ c.	31.3	15.9	32.5	31.4	42.0	51.8	40.6	44.9
NEFZ w.	33.3	8.0	29.9	20.3	37.9	39.3	31.0	27.7
FTP 75 w.	30.3	12.3	31.1	24.6	42.1	37.3	31.9	34.3
CADC Urb w.	44.4	23.5	35.9	51.4	26.4	38.6	28.9	39.0
CADC Rd w.	17.3	10.8	32.0	16.5	2.9	19.7	23.8	3.0
CADC Mw w.	44.3	22.9	37.1	19.9	37.6	35.3	35.9	23.5
NYCC w.	25.0	9.8	34.2	50.4	3.8	47.7	58.2	52.7
BAB w.	19.2	14.1	32.5	30.7	16.5	15.9	24.6	12.5
AVERAGE	30.6	14.7	33.1	30.6	26.2	35.7	34.4	29.7

	HJS				GAT			
	PMAG	DCAG	CPCAG	PASAG	PMAG	DCAG	CPCAG	PASAG
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
NEFZ c.	55.7	65.3	56.1	65.0	38.1	43.5	30.6	38.8
NEFZ w.	59.8	56.9	50.2	52.8	26.4	28.1	19.8	10.8
FTP 75 w.	60.5	55.0	55.2	61.3	37.9	28.3	20.7	24.2
CADC Urb w.	60.5	56.8	54.9	66.5	17.6	36.9	29.3	50.1
CADC Rd w.	49.6	48.3	49.8	51.5	10.8	18.4	22.3	18.2
CADC Mw w.	63.4	58.1	61.7	57.0	32.8	25.6	30.9	23.8
NYCC w.	39.6	54.8	67.0	74.4	22.6	28.6	27.2	45.5
BAB w.	41.2	41.0	45.8	47.8	18.9	14.1	18.3	20.8
AVERAGE	53.8	54.5	55.1	59.5	25.6	27.9	24.9	29.0

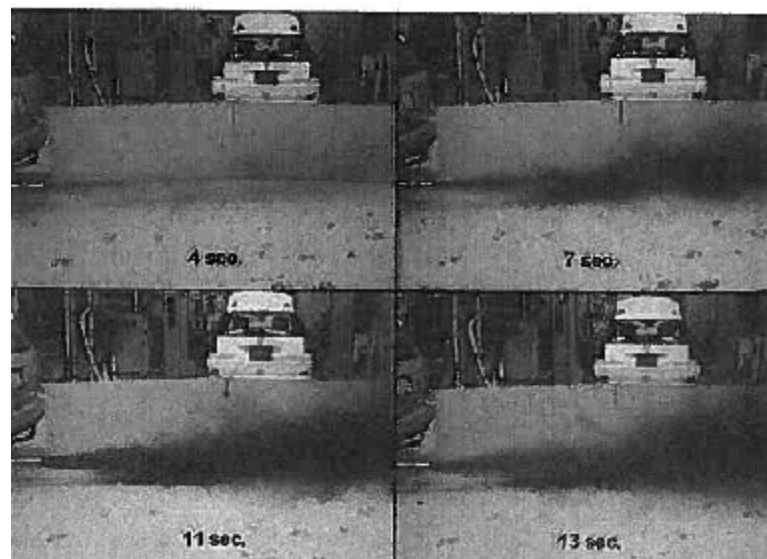
- AG – Abscheidegrad (filtreringseffektivitet)
- PM – Particulate Mass
- DC – Diffusion Charge
- CPC - Condensation Particle Counter
- PAS – Photoelectric Aerosol Sensor

Blow-off effekt

- Kun åbne partikelfiltre
- Lagrede partikler blæses ud i omgivelserne uden først at være oxideret til CO₂

Konklusioner i Schweizisk undersøgelse vedrørende Blow-off effekt for åbne partikelfiltre

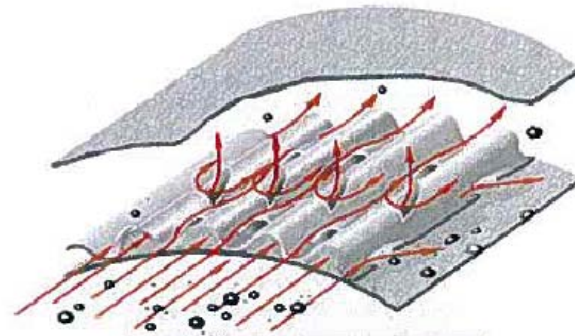
- **Kan** forekomme i ekstreme situationer
 - 3.5 timer < 200 gr. C (35 km/t.) i schweizisk test
- For effektiv regenerering kræves som tommelfingerregel >250 gr. C i 50 % af tiden
 - NEDC gennemsnit 200 gr. C (20 - 350 gr. C)
 - US FTP gennemsnit 200-230 gr. C (20 - 350 gr. C)



Hollandsk undersøgelse

Hollandsk undersøgelse af åbne partikelfiltre

- 32 partikelfiltre testet
- Nye og brugte partikelfiltre (fra 0 - 17.000 km)
- 10 forskellige fabrikater
- 19 forskellige biler
- 5 forskellige kørecykler



Konklusioner – åbne partikelfiltre

- 30 % filtreringseffektivitet (NEDC)
- Vurdering baseret på testdata: i den virkelige verden er filtreringseffektiviteten mellem 30 % og 40 %
 - Forbehold for blow-off effekt og ældning af partikelfiltrene
- Ingen ændring af brændstofforbruget
- Ingen ændring af NO₂ - udledningen

Lukkede partikelfiltre

- Fordele
 - Høj effektivitet
- Ulemper
 - Pris
 - Vedligehold/servicering
 - Systemkompleksitet

Åbne partikelfiltre

- Fordele
 - Pris
 - Simplicitet
 - Ingen vedligehold
- Ulemper
 - Effektivitet
 - Blow-off

Resumé

- Over 90 % reduktion af partikeludledningen for lette og tunge køretøjer gennem de sidste 20 år vha. skærpelse af Euronormernes grænseværdier
- I nær fremtid vil alle nye person- og varebiler have et fabriksmonteret lukket partikelfilter
- Lukkede partikelfiltre er den bedste tekniske løsning med minimum 80 % effektivitet – og den dyreste løsning
- Åbne partikelfiltre filtrerer minimum 30 % af både de store og de små partikler, men kan være med til at forårsage blow-off effekt

Tak for jeres opmærksomhed!

Skabelon