

Urbane Luft Initiative - Wien 21. Februar 2007

Internationale Erfahrungen mit Partikelfiltern bei Baumaschinen

A.Mayer / TTM

A.Mayer - TTM

Beratung und Entwicklung
zur Emissionsminimierung von Verbrennungsmotoren

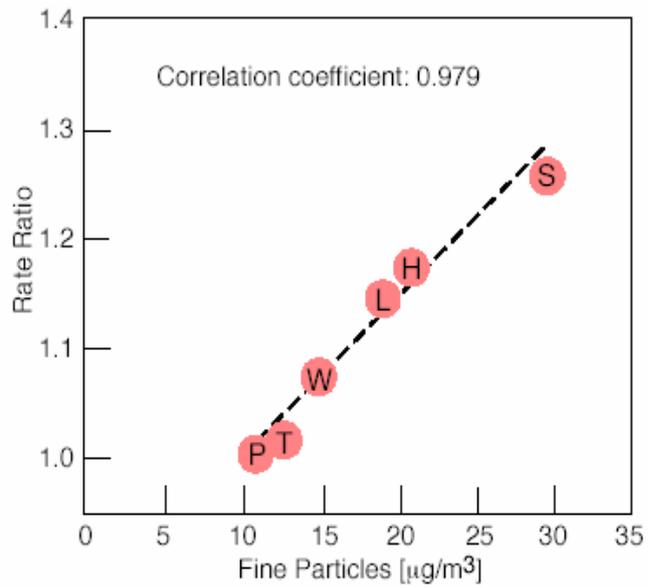
TTM ist in CH verantwortlich (Mandat BAFU und SUVA) für

- **VERT-Prüfung von Partikelfiltersystemen**
- **Qualitätskontrolle bei der Filternachrüstung**
- Internationale Forschungs- und Entwicklungsprojekte
- Implementierung von Emissionsminderungsmaßnahmen (EU, Germany, Austria, Poland, Italy, California, Canada, Ecuador, Chile, Korea, Japan ..),
- Organisation von Schulungen, Seminaren and Konferenzen
- Zahlreiche SAE-Publikationen
- 2 Bücher 2004/5 zu "Elimination von Partikeln...2"
- SAE-fellowship 2004

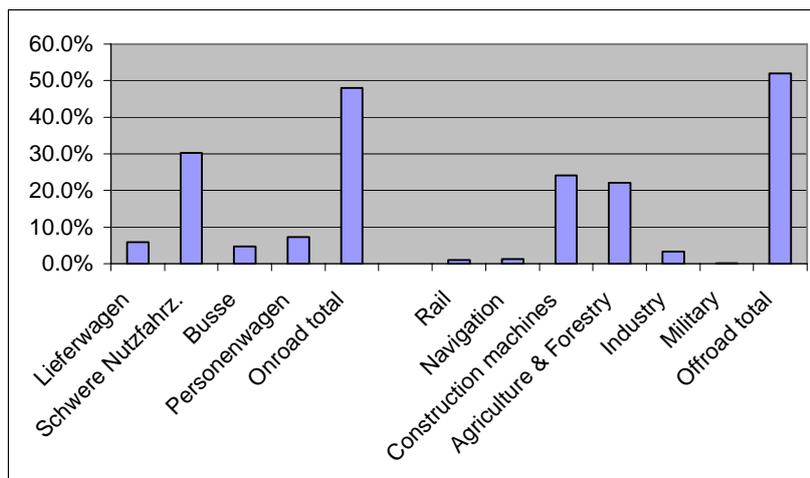
Mortalität durch Partikel aus Motoren ?

6-Cities-Study
USA 1978-93
15'000 cases
Korrelation nur mit ultrafeinen Partikeln

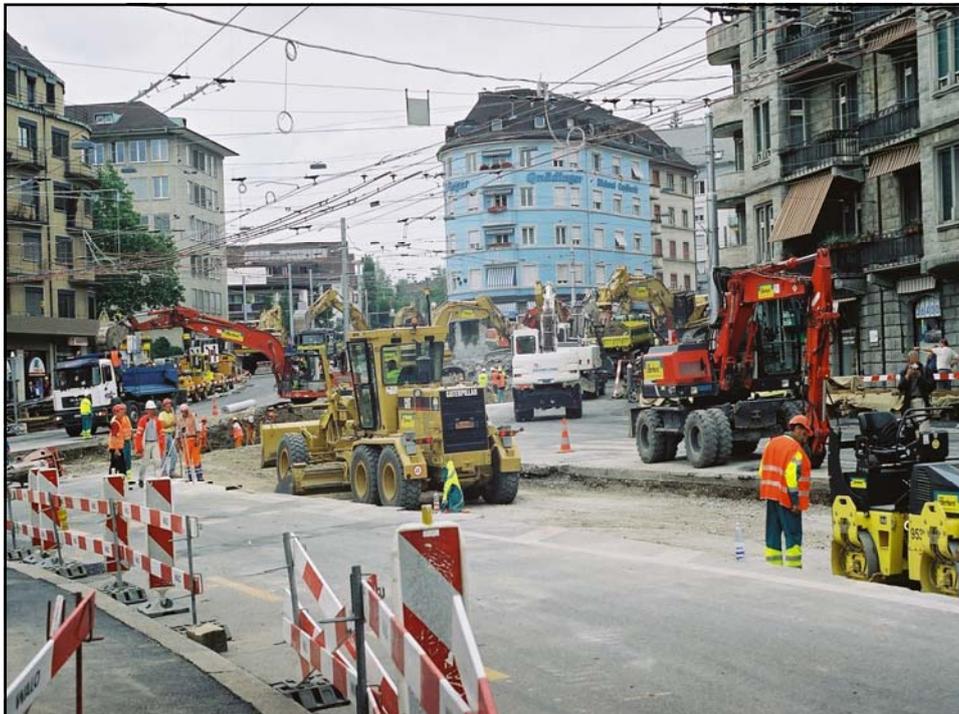
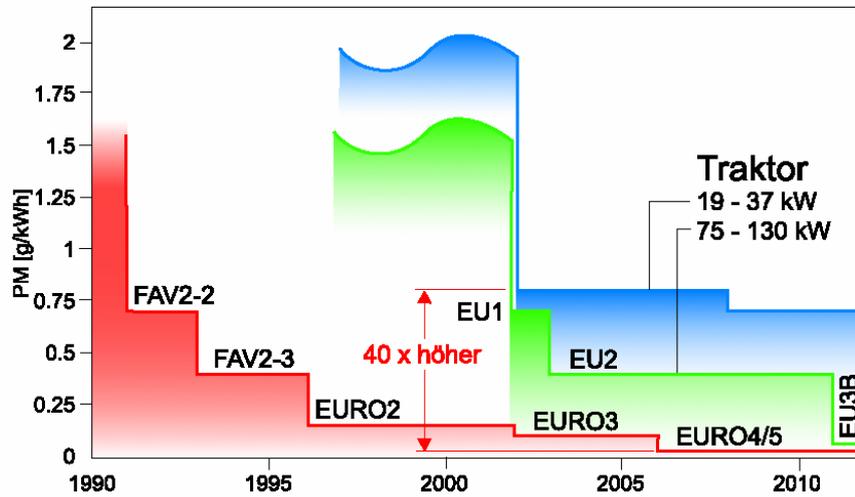
(Quelle: Dockery
NEJM 1993)

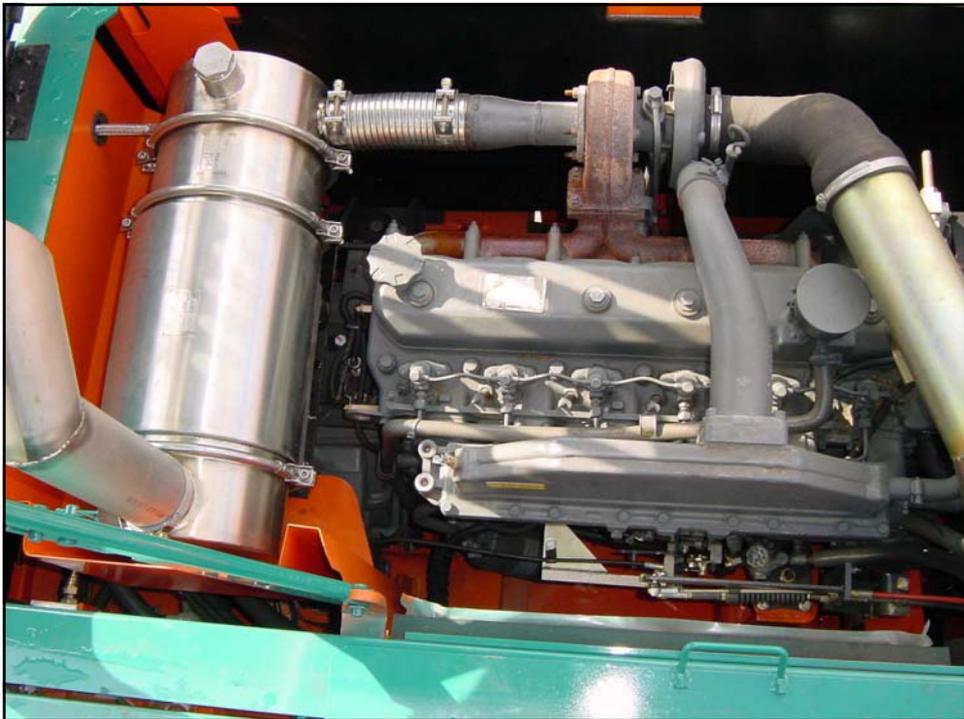


PM- Emissionen onroad und offroad



Entwicklung der Emissions-Grenzwerte

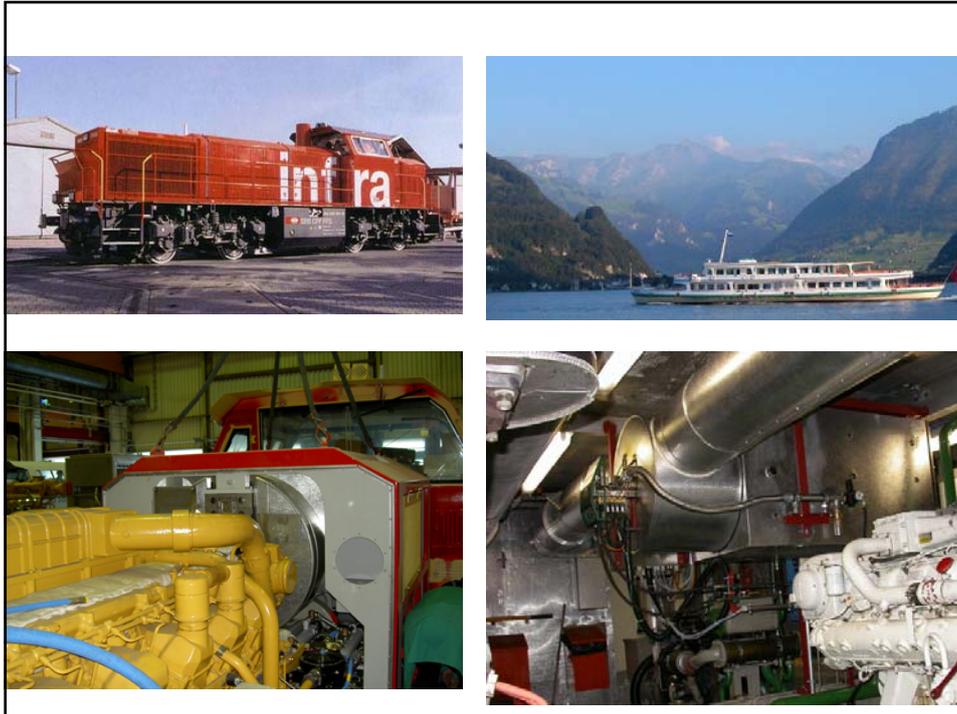












GERMANY



1. Phase 1990/92

- UBA-Field Test: 1'500 HDV (bus and truck)-report available
- → no regulation followed – activity died nearly

2. Phase 1996 ff

- CRT (Johnson Matthey) appeared on the market → breakthrough
- Retrofit for City buses slowly accelerated – today ca 12'000 buses

Working Place - Regulation 1993 TRGS 554

- PM-reduction 80 %
→ 20'000 fork-lifts and >1'500 constr.machines
- 2004 strengthened acc. to VERT- standards

3. Phase 2004

- Agreement with Car-makers: all new LDV with DPF 2008
- Incentives for LDV-retrofits 600€ from 2005 (30/80 % reduction)

SWEDEN



1. Phase Environmental Zones 1996

- Stockholm, Malmö, Gotenborg
- onroad vehicles only
- PM-reduction 80% and 20% (limited time)

2. Phase Environmental Zones 1999

- Onroad and offroad-vehicles
- PM-reduction 80 %

3. Phase Environmental Zones 2004/5

- Extended applications
- Quality acc. to VERT-standards

Total number DPF-retrofits: 8'000; mainly buses

Underground Mines: Filter mandatory

CALIFORNIA



- 1998: Diesel soot =
- "Toxic Air Contaminant" TOC
- 2000: Risk reduction plan
- DPF for all Diesels: onroad = offroad
- Efficiency classes: 30 / 60 / 85 %
- Diesel particle reduction 75% by 2010; 85 % by 2020
- 1'200'000 Diesels need to be retrofitted
- Verification: PM-mass (much less strict than VERT)
- Regulation and implementation
- Regulation for School buses, transit buses, waste collectors and TRU is in place by 2004
- Remaining categories step by step

NEW YORK



First Phase 1990

- About 1000 buses retrofitted with Donaldson active twin-filter-systems
- Failure rate > 10 % pa, cost very high (twin !)
- No regulation → program died out

Second Phase starting 1998

- Feasibility study on duty cycles and system functionality
- Pilot fleet of 50 vehicles under NY Clean Air Authority

Third Phase starting 2002: large scale retrofit

- Now about 4000 Vehicles: CRT and CSF

Forth Phase :

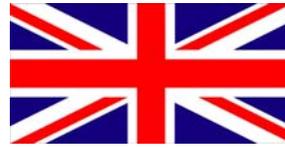
- DPF for Constr. Machines in Manhattan 2005
- DPF for offroad vehicles in the NY Port

USA



- 2000: DPF for construction machines in Boston
- 2002: DPF for Diesels in all metal mines
- 2002: see California
- 2005: see New York and New Jersey
- Many activities in cities and counties under local law
- Large funds for school buses and transit buses
- 2007: all new HDV with DPF

LONDON



EST: Energy Saving Trust :

30 Mio £ yearly since 2000

- Emission abatement and energy saving in vehicles
- DPF-retrofits: financially supported up to 75 %

London Transport started large scale retrofit 2000

- New concessions only under condition: DPF
- 2004: ca 6000 retrofits – all CRT, mostly EMINOX
- 3/2005: all 8'500 busses of inner London retrofitted
- 2005/6: additional 2000 buses servicing outskirts

2007 LEZ with respect to 160'000 HDV

2007 DPF for Construction Machines > 37 kW

ITALY



- **2005 DPF for LDV in Südtirol**
- 2006/7 DPF for Construction Machines in public construction , 30 % subsidized in Südtirol, Tender-Incentive max 5%
- **2007 Low Emission Zones in Lombardia and Emilia**

NETHERLANDS



- 2007 Low Emission Zones in all major cities, starting with onroad HDV,
- offroad vehicles at a later time

AUSTRIA



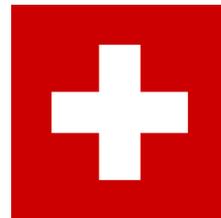
- 2004 DPF mandatory in Tirol for construction machines in high-pollution districts
- 2005 DPF mandatory for construction machines in Vienna (NO₂ keine ie VERT)
- 2000: DPF mandatory underground (tunneling)
- Vorarlberg: Tender-Incentives max 5 % + Subsidizing max 30 % (→ **Leitfaden**)

EUROPEAN UNION



- EU-Directive 97/68 EG Stage IIIb requires: PM < 0.03 g/kWh → DPF will become part of technology of new construction machines (2010)
- Maschinenrichtlinie 98/392 EWG requires „Absaugung“ oder „Filtration“, if dangerous dust particles are emitted (since 1995)
- 2007: Retrofit - Directive for onroad+offroad on the way (workshop 19.9.06)

SWITZERLAND

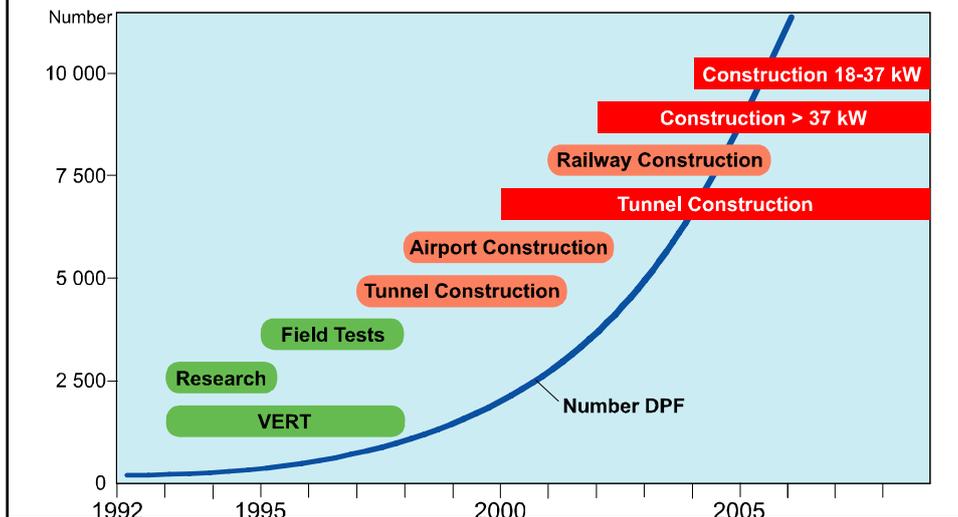


- 1990 first retrofits of 250 City-Buses at Zürich
- 1993-98 VERT to define BAT for tunneling
- 1998 Diesel soot declared “carcinogenic”
- 1998 ff DPF retrofit on public construction sites
- 2002 DPF mandatory on B-typ construction sites
- Bus retrofit accelerated: now 1200 (total 4500)

Planning

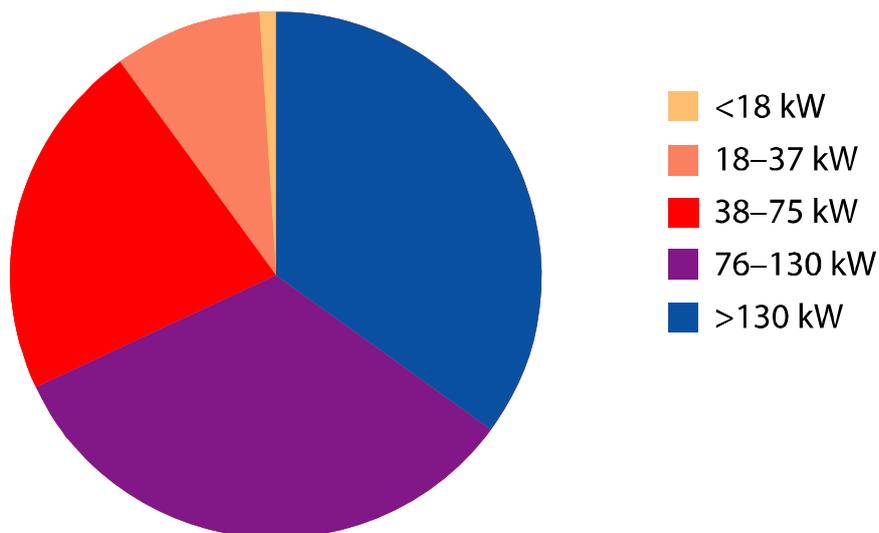
- LD-Vehicles Reduction of Import Tax (4%) Y 2006
- HD-Vehicles Reduction of Road Tax LSV A Y 2006
- Agriculture Tractors (110'000)

Schweiz :Stufenförmige Steigerung der Nachrüstung durch mehrere Grossprojekte bis heute ca 14'000

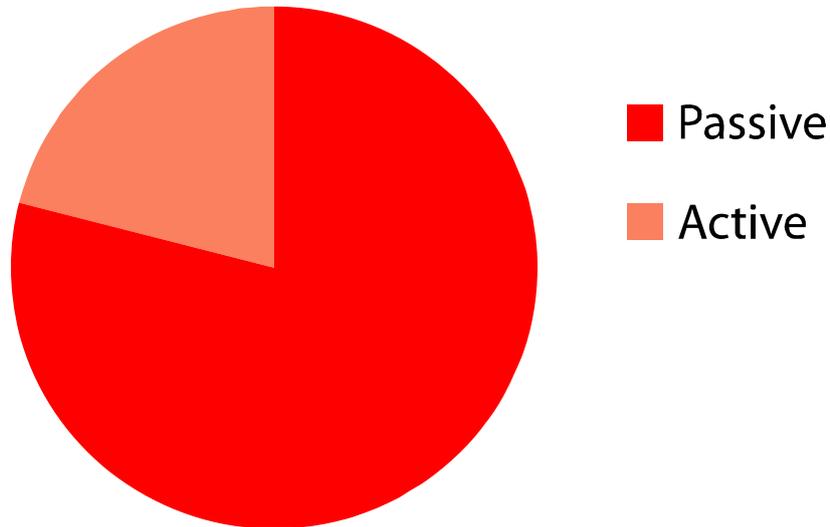


2007 13'000 PFS bei Baumaschinen

700 Busse, 300 Lokomotiven 500 Gabelstapler, LKW uam



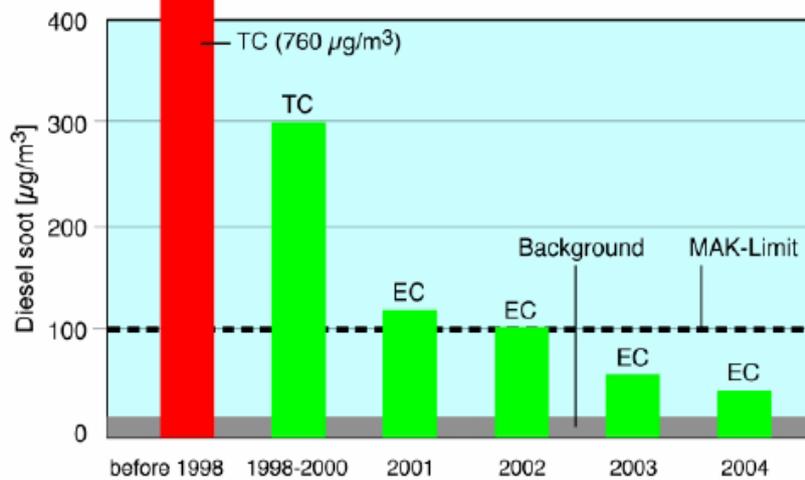
Aktive Regeneration ist auf dem Vormarsch



SWISS TUNNELING



- 2000 Particle Filters mandatory
- all Diesel Engines included
- All types of machines included
- No exception for small performance
- No exception for engine age
- rare exception (1-2 hrs) for very special cases



SUVA hat gezeigt, dass mit dem Partikelfilter-Obligatorium die Partikelemission eliminiert werden konnte

Retrofit Prinzipien (VERT und EPA)

1. **Rechtliche Grundlagen schaffen**
2. **Filter Zertifizierung: VERT**
3. **Filter-Auswahl u. Installation: Zulassung von Werkstätten**
4. **Garantie auf Funktion und Material; Risikoübernahme**
5. **OBC: Gegendruck max 200 mbar**
6. **Motorwartung: Emissionskontrolle 1x pa**
7. **3-Stufen-Verantwortung: Behörde / Hersteller / Betreiber**
8. **Monitoring: durch die Behörde**
9. **Sanktionen: System von Anfang an fixiert**
10. **Q-Kontrolle der Filterfertigung (manufacturer conformity)**
11. **Periodische Messungen (in use compliance test)**
12. **Periodische Schadensberichterstattung der Hersteller**
13. **Fehleranalyse mit professioneller Unterstützung**
14. **Unabhängige Beratungsstellen (Behörden-finanziert)**

1. Rechtliche Grundlagen

- **Nachrüstung ist grundsätzlich erlaubt**
- Welche Bedingungen müssen erfüllt sein ?
(Lärmemission, Sekundäremissionen ?)
- Welche Filter sind zugelassen ?
- Wie erfolgt die Abnahme ?
- Typisierung für Strassenzulassung ?
- Wer trägt die Verantwortung für Zusatzrisiken ?
- Dokumentation
- **Wartungsvorschrift für Baumaschinen !**

2. Definition der Filterqualität

- Filter-Spezifikationen festlegen
 - Filter-Zertifikationsverfahren festlegen
 - Nur Filter gemäss Filterliste erlaubt
 - Zertifikationsnummern für die Typenschildkennzeichnung
- **VERT –Standard (seit 98) → SNR 2007 → 2007**
CH, CAL, Chile, MSHA, TRGS, AUVA, Can, I, Dän, GB

Abscheidequalität im Santiago-Projekt

Aftertreatment		Licence plate	Filtration
Adastra	DPF VERT	TF 52 04	99.909 %
Airmeex	DPF VERT	RR 15 47	99.377%
Engelhard	DPF VERT	NR 43 62	98.249%
Engelhard	DPF VERT	TT 21 91	99.777%
HJS	DPF VERT	TE 37 76	99.954%
HJS	DPF VERT	TJ 92 89	98.588%
HJS	DPF VERT	VF 37 42	99.975%
Huss	DPF VERT	LD 85 23	99.998%
Huss	DPF VERT	SZ 58 75	99.994%
Sudchemie	DOC	ZU 25 82	4.402%
<i>Bekaert *</i>	<i>DPF</i>	<i>UK 83 19</i>	<i>39.942%</i>
<i>ETG *</i>	<i>DPF</i>	<i>UY 52 02</i>	<i>34.143%</i>

VERT FILTER LIST

Tested and approved Particle-Trap-Systems for
retrofitting Diesel Engines

accepted by

BUWAL, SUVA, TBG, AUVA, TRGS, UBA, MSHA, DEEP, CONAMA-CHILE, DTI-DANMARK



<http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/eng/fachgebiete>

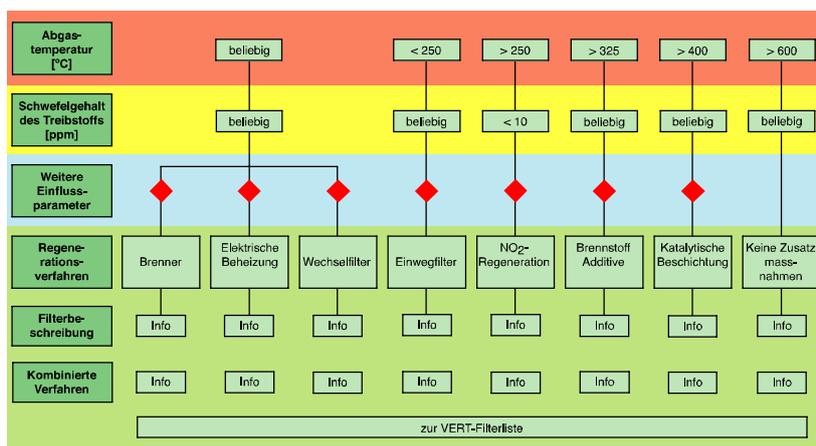
3. Filter-Auswahl und Installation

- Betriebsbedingungen ermitteln
→ Interaktive CD
- Referenzen recherchieren
→ AKPF-Datenbank
- Beratung in Anspruch nehmen
- Einbau nur durch lizenzierte Firmen
- Abnahmetest und Dokumentation
- Schulung des Betriebspersonals



Interaktive CD zur Filterauswahl

Interaktive CD für die Filterauswahl



Abnahme-Document → Datenbank

AKPF-Garantie-Abnahmemessung für Partikelfilter-Systeme PFS

Hersteller PFS:
 VERT-Eignungstest Prüfnummern:

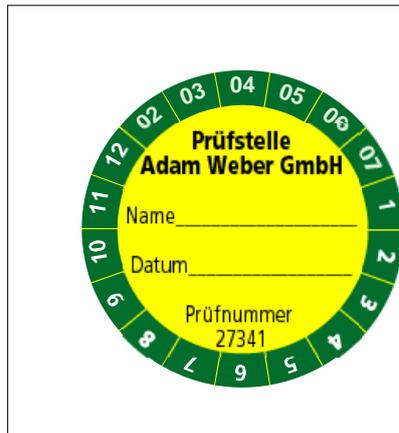
Kennzeichnung PFS:
 Filtertyp:
 Seriennummer:
 Datenlogger: Hersteller ,Typ, Serie-Nr:
 Additivdosierung: Hersteller, Typ, Serie-Nr.:

Abnahmemessung ohne PFS
 Abgastrübung Freibeschleunigung offiziell: K-Wert [1/m]
 Lärmmessung (nur für Strassenzulassung): [dBA]

Abnahmemessung mit PFS
 Abgastrübung, Freibeschleunigung offiziell: K-Wert [1/m]
 Lärmmessung (nur für Strassenzulassung): [dBA]
 Filter-Gegendruck bei Abregeldrehzahl: [mbar] / [1/min]

Baumaschine, Art der Baumaschine:
 Hersteller Baumaschine / Hersteller Motor:
 Typ Baumaschine / Typ Motor:
 Motornennleistung: [kW]
 Baumaschine Seriennummer (nach AWD):

AKPF-Q-Label mit individueller Kennzeichnung (Laufnummer)



**Datenbank
Baumaschinen mit
Partikelfiltersystemen
und AKPF-Q-Label
Schweiz**

© AKPF 2003

[Weiter](#) [Beenden](#)

Regeln für das Partikelfilter-Nachrüstgewerbe

- 1. Nachrüstung nur durch Firmen gem. Filterliste**
- 2. Eigene Werkstätten + geschultes Fachpersonal**
- 3. Eigene (behördlich kalibrierte) Prüfmittel**
- 4. Garantie für Material und Funktion über 2 Jahre**
- 5. Firmen mit Handelsregister-Eintrag**
- 6. Fachmännische Reinigung und Entsorgung**
- 7. Berufshaftpflicht von mindestens 5 Mio. Fr**
„Einbausätze“ mit Gebrauchsanleitung nicht zulässig.

→ AKPF – Selbstverpflichtungen

→ www.akpf.org

4. Garantie - Gewährleistung

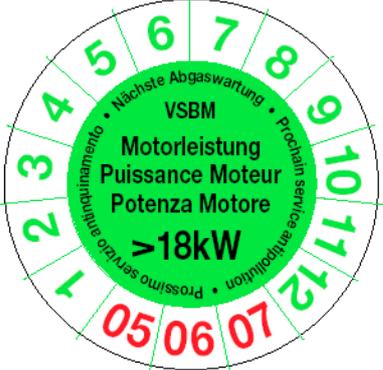
- 2 Jahre Garantie auf Funktion und Material
- Abnahmeprotokoll
ist Bestandteil des Kaufvertrags
- Risikoübernahme für Motorschäden
falls Gegendruck > 200 mbar
- Übernahme von Sicherheitsrisiken infolge
Filternachrüstung

5. OBC

- Elektronische Kontrolle des Filterverhaltens ist Bestandteil des PFS = Partikelfiltersystems
- Aufzeichnung des Gegendrucks im Sekundentakt
- 2-stufiges Alarmsystem
- Unlöscharer Alarmspeicher

6. Motor-Wartung und periodische Emissionskontrolle

- Pflicht zur Motorwartung: Wartungskleber und Dokumentation
- Pflicht zur Filterwartung
- Periodische Kontrolle der Rohemissionen
→ Abgaswartungsdokument
- Dokumente auf der Baustelle vorhanden
- Kontrollmessungen durch eigenes Personal falls geschult und kalibrierte Instrumente vorhanden

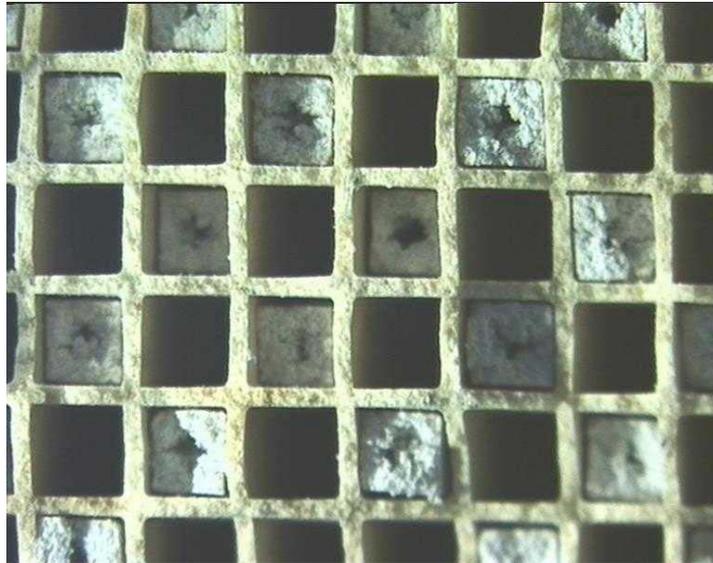
<p>Wartungskleber für Motoren < 18 kW</p>	<p>Wartungskleber für Motoren > 18 kW</p>
	



BUWAL-BauRLL
 Beinhaltet
 Emissionskontrolle und
 Wartungspflicht



Regeln für die Filterreinigung und die Entsorgung der Asche



7. 3-Stufen-Verantwortung

- **Behörde**
 - Zertifikation und Filterliste
 - Monitoring und Kontrollen
 - Sanktionierung
 - Fehleranalysen
- **Nachrüstfirma**
 - Installation, Sicherheit, Funktionalität, OBC
 - 2 Jahre Garantie
 - Fehler-Reporting
- **Betreiber**
 - Wartung und periodische Abgasmessung

8. Monitoring

- Feldkontrollen in statistisch angemessener Stichprobendichte
- Interviews mit Betreibern
- Auswertung der Daten und Informationen
- Ermittlung der echten Kosten
- Ermittlung von Fehler- und Ausfällen
- Auslösen und Überwachen von Bereinigungsprogrammen
- Ermittlung und Bereinigung von Schulungsdefiziten

9. Sanktionen

- Ein Sanktionierungssystem muss von Anfang an festgelegt sein
see EPA-Guidance 6 / 2006

10. Q-Kontrolle bei der Herstellung

“manufacturing conformity”

- Da bei der Zertifikation nur ein Repräsentant einer Filterfamilie geprüft, ist eine Überwachung der Fertigungsqualität zwingend erforderlich
- Ein Kontrollverfahren muss mit den Herstellern vereinbart werden
- Die Hersteller müssen periodisch Bericht erstatten

11. Q-Kontrolle im praktischen Einsatz

“In Use Compliance Test”

- Nach einem festgelegten Schema müssen einzelne Systeme aus dem Feld zurückgenommen und im Labor überprüft werden
- Falls 3 von 10 Einheiten die minimalen Leistungsdaten nicht erreichen, muss der Hersteller Verbesserungen einführen.
- Falls 7 von 10 Einheiten die minimalen Leistungsdaten nicht erreichen, muss der Hersteller alle entsprechenden PFS überprüfen und auf eigene Kosten in stand stellen.

12. Reporting

- Filterhersteller müssen jährlich berichten über
 - Zahl der installierten Einheiten
 - Zahl und Art der Ausfälle
- Betreiber müssen jährlich berichten über
 - Zahl der installierten Einheiten
 - Zahl und Art der Ausfälle

13. Schadens-Analysen

- Eine Arbeitsgruppe sollte gebildet werden, die typische Schäden untersucht und Abhilfemassnahmen erarbeitet
- Diese Arbeitsgruppe sollte aus unabhängigen Experten sowie Vertretern der Filterhersteller, der Betreiber und der Behörden bestehen.

Vibrationen



Schaden infolge unkontrollierter Regeneration



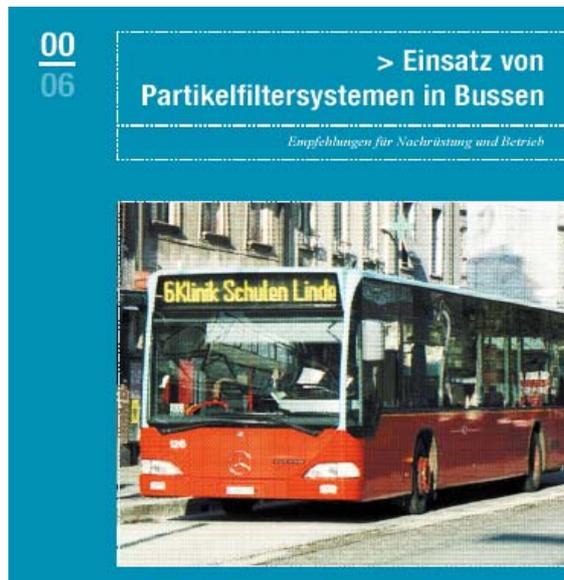
14. Unabhängige Beratung

(Behörden-finanziert)

3 Ingenieurbüros mit je über 10 jähriger Erfahrung im Bereich der Partikelfiltertechnik und Nachrüstpraxis stehen in der Schweiz zur Auswahl

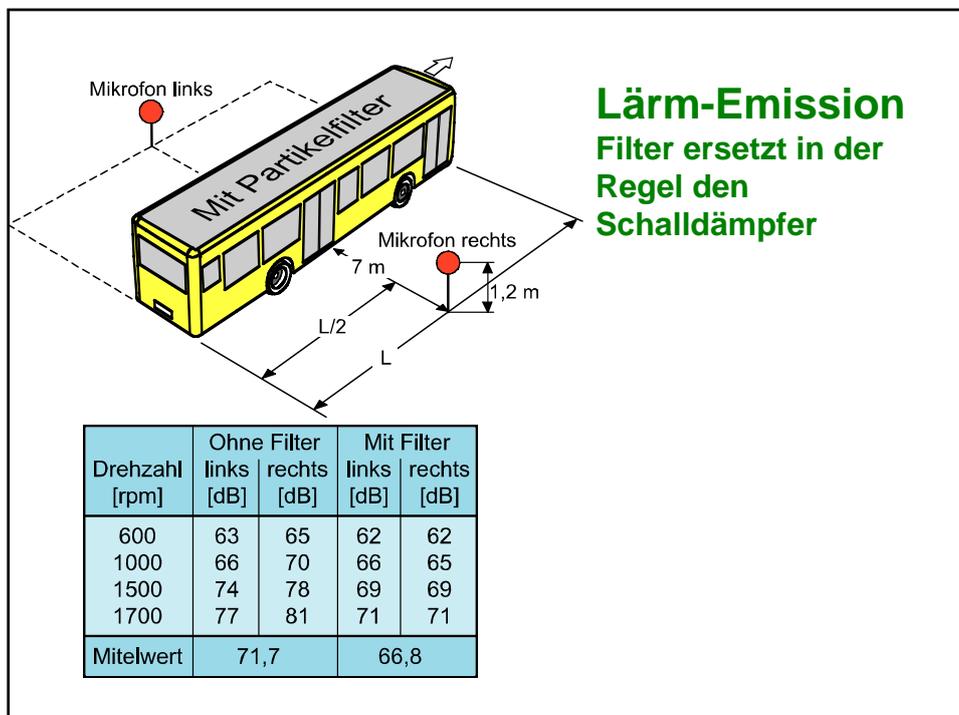
- AIRCLEAN: R.Blunier
airclean.consulting@bluewin.ch
- TECMOT: F.Jaussi
fjaussi@hotmail.com
- TTM: A.Mayer
ttm.a.mayer@bluewin.ch

**Anleitungen
für
Nachrüstung
bei Bussen +
Baumaschinen**

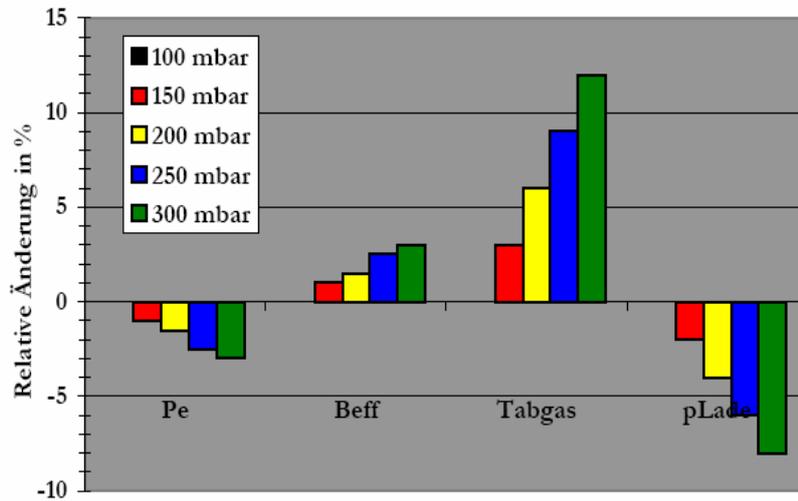


Nachteile der Filtertechnik ?

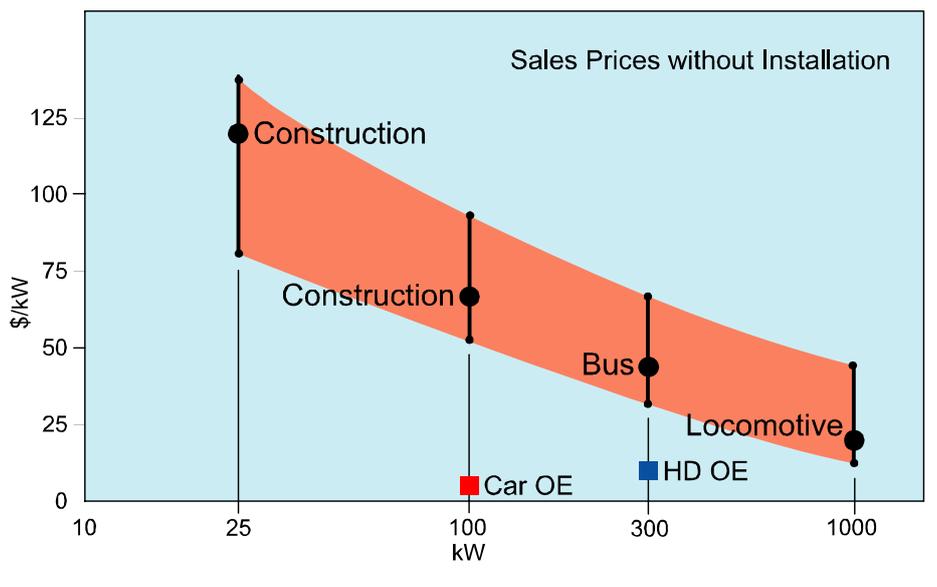
Kosten
Lärm-Emissionen
Sekundär-Emissions
Schäden und Folgeschäden
Risiken für Motoren und Fahrzeuge
Gegendruck und Brennstoffverbrauch



Auswirkungen des Filter-Druckverlustes



Kosten bei kleinen Stückzahlen



Informationsquellen

- ETH-Konferenz 13.-15.8.2007 www.nanoparticles.ethz.ch
- Buch HDT Partikelfilter ISBN 3-8169-2430-1
- BAFU: www.umwelt-schweiz.ch/buwal
- SUVA: www.suva.ch
- Kantone: www.luft.zh.ch
- VSBM: www.vsbm.ch
- AKPF: www.akpf.org
- DieselNet: www.dieselnet.com
- Nanopartikelmesstechnik: www.matter-engineering.com
- Partikelfilteranwendung: ttm.a.mayer@bluewin.ch