



## TIPPS ZU AUSWAHL, EINBAU, BETRIEB, UNTERHALT UND STÖRUNGSBEHE- BUNG

Wollen Sie Ihre Baumaschine mit dem richtigen Partikelfiltersystem ausrüsten, problemlos mit der Maschine arbeiten, den Filter richtig warten oder kleine Störungen am Filter beheben?

Dann müssen Sie auf ein paar einfache, aber sehr wichtige Dinge achten. In diesem Falblatt sind die entscheidenden Tipps zusammengestellt.

**beco**

Berner Wirtschaft  
Economie bernoise



## Auswahl des Partikelfiltersystems

### SCHRITT 1

#### Baumaschinenlieferant kontaktieren

Wenn Sie eine Baumaschine mit Partikelfiltersystem ausrüsten wollen, nehmen Sie Kontakt auf mit Ihrem Baumaschinenlieferanten oder Ihrer Servicestelle. Es ist empfehlenswert, vorher die wichtigsten Angaben über die Maschine zu erfassen. Ein entsprechendes Formular finden Sie unter [www.be.ch/luft](http://www.be.ch/luft) (Maschinenangaben\_Filternachrüstung.pdf).

### SCHRITT 2

#### Maschinendaten erheben

Es gibt kein Partikelfiltersystem, das sich für jede Baumaschine eignet. Das Partikelfiltersystem muss nicht nur zur Maschine, sondern auch zu ihrem Einsatzbereich passen: Hat die Maschine eine hauptsächlich tiefe Arbeitsintensität, braucht sie ein anderes Filtersystem, als wenn sie immer unter Volllast läuft. Der Maschinen- oder der Filterlieferant wird Ihnen daher raten, vor der Wahl des Partikelfiltersystems die wichtigen Fragen mit Hilfe eines (am vorgesehenen Filterplatz montierten) Datenloggers genau abzuklären. Datenblätter oder Erfahrungen mit gleichen Maschinentypen sind oft nicht ausreichend.

**Frage «Arbeitsintensität»:** Wie sind die Betriebszustände der Maschine? Regelmässiger Einsatz der Maschine unter immer gleichen Bedingungen oder unregelmässiger Einsatz und wechselnde Bedingungen? Was hat die Maschine normalerweise für eine Einsatzdauer? Schichtbetrieb, sporadischer Einsatz?

**Frage «Abgastemperaturen»:** Wie sieht das Abgastemperaturprofil im regelmässigen Einsatz aus? Wie bei unregelmässigem Einsatz? Wie viel Prozent der Arbeitszeit steht die Maschine unter Volllast, wie viel unter Teillast?

Dieses Faltblatt ist eine Arbeitshilfe für Unternehmen, die ihre Baumaschinen mit einem Partikelfiltersystem ausrüsten wollen. Es enthält die wichtigsten Erkenntnisse und Erfahrungen für das Vorgehen bei der Nachrüstung oder der Neuanschaffung von Partikelfiltersystemen sowie für deren Einbau, Betrieb und Unterhalt.

Ziel ist, die Funktionstüchtigkeit der Partikelfiltersysteme zu gewährleisten. Insbesondere Unternehmen, die damit noch keine Erfahrungen haben, finden mit diesem Faltblatt schnell den Einstieg in die Materie.

### SCHRITT 3

#### Infrastruktur abklären

Wie sieht die Infrastruktur am Einsatzort aus? Hat es einen Stromanschluss? Ist ein geeigneter Standort für eine Abbrennstation vorhanden?

### SCHRITT 4

#### Filter auswählen

Welches Filtersystem können Ihnen der Baumaschinenlieferant beziehungsweise der Filterlieferant empfehlen? Ist es ein System dessen Konformität mit den LRV-Anforderungen nachgewiesen ist? (vom Nachrüster eine Konformitätsbescheinigung für das eingebaute Partikelfiltersystem verlangen)

### Erklärungen für Schritte 2 bis 4

#### Abgastemperatur

*Die Abgastemperatur entscheidet, ob der Filter mit einem aktiven oder einem passiven System regeneriert werden soll. Unter Regeneration versteht man das Abbrennen der im Filter zurückgehaltenen Russteilchen. Die Filterregeneration ist nötig, damit der angesammelte Dieselschlamm den Filter nicht «verstopft» und wegen zu hohen Abgasgedrucks Schäden am Filter oder am Motor verursacht.*

#### Passive Regenerationssysteme

*Bei konstant hoher Abgastemperatur (mindestens 60% der Betriebszeit Abgastemperatur zwischen 260 und 400 °C) kommt vorzugsweise ein passives System zum Einsatz. Die hohe Abgastemperatur brennt den Russ ab und regeneriert so den Filter. Drei Varianten: **Additive:** Ein Additiv im Treibstoff senkt die Verbrennungstemperatur des Russes (600 °C) so weit, dass er schon bei gängigen Abgastemperaturen (260 bis 400 °C) verbrennt. **Katalytische Beschichtung:** Die Russteilchen treffen auf eine beschichtete Filteroberfläche und verbrennen bei relativ tiefen Abgastemperaturen von 300 °C. **CRT:** Aufgrund einer chemischen Reaktion verbrennt der Russ bereits ab 250 °C kontinuierlich.*

**PARTIKEL-  
FILTER-  
SYSTEM**

=

**FILTER**  
sammelt  
Russteilchen

+

**REGENE-  
RATIONS-  
VERFAHREN**  
verbrennt  
gesammelten Russ

+

**KONTROLL-  
SYSTEM**  
überwacht  
Filtergegendruck  
und Regeneration



## Filtereinbau

Die Maschine muss vor der Partikelfilternachrüstung in technisch einwandfreiem Zustand sein. Nur dann kann das Filtersystem später richtig funktionieren.

### Aktive Regenerationssysteme

Wenn die Abgastemperatur nicht genügend hoch ist, kommt ein aktives Filtersystem zum Einsatz. Es regeneriert den Filter, indem es den Russ mit zugeführter Wärme abbrennt. Drei Varianten: **Brenner:** Ein mit Dieselöl betriebener Brenner führt die Regeneration durch. **Abbrennstation für Wechselfilter:** Der Filter wird ausgebaut und auf einer elektrisch beheizten Abbrennstation so stark erhitzt, dass der Russ abbrennt. **Regeneration an der Maschine:** Die Maschine wird an eine externe Stromquelle angeschlossen und der Russ durch elektrische Beheizung abgebrannt.

### Anforderungen Regenerationssystem

Elektrisch regenerierende Systeme brauchen einen externen Stromanschluss, Wechselfilter eine Abbrennstation.

### LRV-Konformität und BAFU-Filterliste

Es dürfen nur Partikelfiltersysteme verwendet werden dessen Konformität mit den LRV-Anforderungen nachgewiesen ist. Die BAFU-Filterliste enthält eine Liste von Partikelfiltersystem-Typen, welche den Anforderungen der schweizerischen Luftreinhalte-Verordnung (LRV) entsprechen und deren Konformität durch eine Konformitätsbewertungsstelle bescheinigt oder – im Fall der Partikelfiltersystem-Typen, die vor Inkrafttreten der Änderung der LRV auf der Filterliste BAFU/SUVA publiziert waren - durch den Bundesrat bestätigt wurde.

Das technische Prüfverfahren der LRV für Partikelfiltersysteme richtet sich nach der Schweizer Regel SNR 277205 der Schweizerischen Normen-Vereinigung (SNV). Das Prüfverfahren nach SNR 277205 beruht weitgehend auf dem so genannten VERT-Verfahren. Der Käufer erhält vom Hersteller eine Konformitätserklärung.

## TIPP 1

### Motorenservice vornehmen

Lassen Sie vor der Montage des Filters einen Motorenservice durchführen (Ventile einstellen; Luftfilter, Öl und Ölfilter wechseln; Öl mit niedrigem Aschegehalt (low SAPS) verwenden). Der Motor muss die Vorschriften gemäss Abgaskonformitätsdokument erfüllen, insbesondere:

**Öl- und Treibstoffverbrauch.** Vor der Partikelfilternachrüstung ist der Schmierölverbrauch zu prüfen. Heutige moderne Motoren haben einen Ölverbrauch von etwa 0,1% des Brennstoffverbrauchs. Bei älteren Motoren mit höherem Verschleiss kann der Verbrauch bis über 1% steigen. Das ist ein sehr hoher Wert und muss als die Grenze für die Verwendung von Partikelfiltern betrachtet werden. Bei höherem Ölverbrauch ist eine Motorrevision zwingend, bevor Partikelfilter nachgerüstet werden. Ermitteln Sie auch den Treibstoffverbrauch.

**Abgastrübung.** Mit einem Opaziometer kann die Abgastrübung gemessen werden. Sie muss kleiner sein als  $1,6 \text{ m}^{-1}$  oder 60%.

## TIPP 2

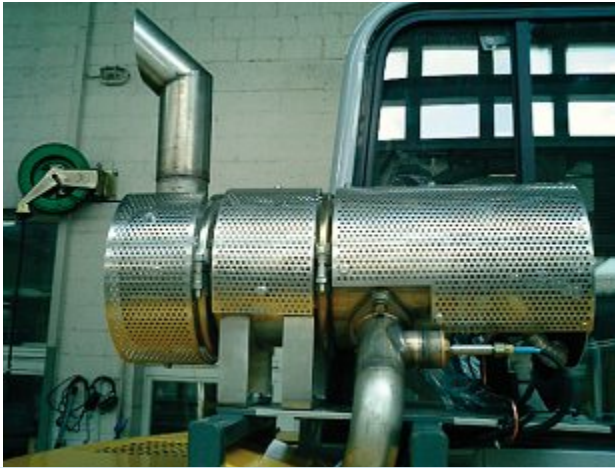
### Filter isolieren

Oft ist es nötig, den Filter zu isolieren.

### Wärmeabstrahlung minimieren

Die Hitzeabstrahlung des Partikelfilters darf an der Maschine keine Installationen beeinträchtigen, sonst könnten Leitungen spröde werden oder Aggregate wie der Alternator versagen. Bei passiv regenerierenden Systemen verhindert die Isolation der Abgasrohre, dass für die Regeneration nötige Wärme verloren geht.





### TIPP 3

#### In Motorennähe einbauen

Achten Sie darauf, dass der Filter bei passiven Systemen möglichst nahe beim Motor eingebaut wird.

#### **Abgastemperatur erhalten**

Die Filterregeneration benötigt hohe Abgastemperaturen. Mit der Distanz zum Motor nehmen diese ab.

### TIPP 4

#### Filter dämpfen

Achten Sie darauf, dass sich keine Schwingungen vom Motor auf das Partikelfiltersystem übertragen können: Filter vom Motorenchassis durch Silentblöcke und vom Motor durch Flexschläuche entkoppeln.

#### **Vibrationen vermeiden**

Vibrationen können am Partikelfiltersystem Schäden verursachen, insbesondere bei Keramikelementen.

### TIPP 5

#### Überwachungssystem einbauen

Jede Maschine braucht ein Filterüberwachungssystem mit Warnanzeigen im Sichtbereich des Fahrers. Dieser Datenlogger mit Druck- und Alarmanzeige misst Abgasgegendruck, Temperatur und Motordrehzahl, speichert die Daten und löst ein Warnsignal in der Fahrerkabine aus. Bei Maschinen mit Wechselfilter ersetzt ein einfaches Manometer den Datenlogger. Es zeigt nur den Abgasgegendruck an.

#### **Filter- und Motorenleistung sicherstellen**

Die Abgastemperatur und der Gegendruck sind für das Funktionieren des Partikelfiltersystems entscheidend und müssen überwacht werden. Der Abgasgegendruck ist abhängig von der Russmenge im Filter. Steigt er bei Vollgas (unbelastet) über 200 Millibar, muss der Filter vom Russ gereinigt werden. Ein Partikelfilter kann den Motor nur über den Abgasgegendruck beeinflussen. Er verursacht eine unmerkliche Leistungseinbusse des Motors sowie eine un-

merkliche Zunahme des Brennstoffverbrauchs. Neben der Überwachung von Abgastemperatur und Gegendruck erkennt das elektronische Kontrollsystem ein allfälliges Filterversagen.

### TIPP 6

#### Maschine und Partikelfilter kennzeichnen

Anhang 4 Ziffer 33 LRV verlangt, dass die Partikelfiltersysteme mit einem gut sichtbaren, dauerhaften und deutlich lesbaren Geräteschild versehen sind, welches folgende enthält:

- Name des Herstellers oder des Importeurs
- Seriennummer
- Typenbezeichnung
- Name der Konformitätsbewertungsstelle, soweit eine Bewertung vorgeschrieben ist.

In das Abgas-Wartungsdokument ist die Typenbezeichnung und die Seriennummer des Partikelfilters einzutragen.

Bei Maschinen, die mit einem Partikelfilter nachgerüstet werden, muss das Geräteschild für die Kennzeichnung gut sichtbar aussen auf der Maschine angebracht werden. Bei Maschinen, die ab Werk mit Partikelminderungssystem ausgeliefert werden, kann die Kennzeichnung auch auf dem Filter angebracht werden.

Die Konformitätserklärung für den Partikelfilter muss so abgelegt sein, dass sie während einer Kontrolle auf der Baustelle verfügbar ist, idealerweise auf der Baumaschine selbst.

Für die Strassenzulassung von Baumaschinen mit Partikelfiltersystemen mit Konformitätsbescheinigung ermöglicht das ASTRA auf Basis des AKPF-Zertifikates ein vereinfachtes Zulassungsverfahren auf rein administrativem Weg. (siehe dazu die VSBM-Technische Anleitung, Stand 2009)

## Betrieb

Die Tipps auf dieser Seite sind nützlich für den Betrieb aller Baumaschinen mit Partikelfiltersystemen, egal, ob sie ab Werk oder nachträglich damit ausgerüstet wurden.

### TIPP 1

#### Verantwortlichkeit bestimmen

Bestimmen Sie eine Person, die für das Partikelfiltersystem zuständig ist. Beispielsweise einen Polier, einen Maschinisten oder einen Vorarbeiter.

### TIPP 2

#### Schulung sicherstellen

Um einen optimalen Betrieb des Partikelfilters zu ermöglichen, sorgen Sie für eine gründliche Schulung und Motivation der Fahrzeugführer und des Werkstattpersonals. Einführungskurse bieten Filterlieferanten, Maschinenhersteller oder der Schweizerische Baumeisterverband in Sursee an.

### TIPP 3

#### Alarm beachten

Warnlampen und Anzeigen sind immer zu beachten und die nötigen Massnahmen sind zu treffen.

### TIPP 4

#### Störungen erkennen

Wird eine oder mehrere der folgenden Beobachtungen gemacht, wissen Sie, dass der Filter nicht optimal funktioniert:

- Russablagerungen im Endrohr des Auspuffs
- Schwarzrauch beim Beschleunigen des Motors
- spürbare Abnahme der Maschinenleistung
- Materialverfärbung durch Überhitzung
- Risse im Gehäuse
- ungewöhnliche Geräusche

Beim elektronischen Kontrollsystem zeigen Ihnen folgende Ereignisse eine Störung an:

- verkürzte Regenerationsintervalle
- Druckanstieg
- Häufigkeit von Druckspitzen nach oben und nach unten
- erhöhte Temperaturdifferenzen vor/nach dem Filter
- Alarmmeldungen

Übrigens: Partikelfilter entfernen «nur» schwarze Russpartikelchen aus dem Abgas. Auf blauen, durch Öl verursachten Rauch hat der Filter keine Wirkung.

## Unterhalt

### TIPP 1

#### Wartung durchführen

Sorgen Sie für eine sorgfältige, termingerechte und vorschriftsgemässe Wartung des Filtersystems. Auch der Motor muss regelmässig gewartet werden. Eine Opazitätsmessung vor und nach dem Service verdeutlicht die Wirksamkeit der Wartungsarbeiten.

### TIPP 2

#### Filterelemente kontrollieren

Lassen Sie bei jedem Motorenservice kontrollieren:

- Dichtigkeit der Abgasleitungen
- Aufhängung des Filters
- elektrische Anschlüsse
- Materialverfärbung
- Geräusche

### TIPP 3

#### Emissionen kontrollieren

Periodisch zu kontrollieren sind:

- emissionsrelevante Bauteile
- Rauchstoss bei freier Beschleunigung
- Dichtheit und Filtergegendruck

Treffen Sie nach der Kontrolle die erforderlichen Massnahmen.

### TIPP 4

#### Filter reinigen

Wenn das Manometer über 200 mbar steigt oder die entsprechende Warnlampe leuchtet, ist der Abgasgegendruck zu hoch. Sie müssen den Filter reinigen lassen. *Der Abgasgegendruck steigt mit der Zeit, weil sich Asche im Filter ablagert. Die Asche stammt aus verbrannten Russpartikeln (Regeneration) und aus verbrauchtem Motorenöl. Sie könnte den Filter verstopfen und muss nach etwa 2000 Betriebsstunden entfernt werden.*

Reinigen Sie den Filter nicht in Eigenregie mit Pressluft, Dampf oder Wasser. Es ist besser für Filter und Umwelt, wenn Sie ihn bei einem Filternachrüster professionell reinigen lassen.

*Die Filterasche enthält hochgiftige Substanzen. Sie darf nur in Kleinstmengen in der Kehrichtverbrennung entsorgt werden. Bei grösseren Mengen entscheidet die kantonale Behörde über den Entsorgungsweg.*

### TIPP 5

#### Aschenarme Schmieröle verwenden (low SAPS)

Die Reinigungsintervalle des Partikelfilters verlängern sich, wenn Sie aschenarme Schmieröle verwenden.

# Störungen

## So lassen sich Störungen vermeiden

- Richtiges Filtersystem wählen
- Filtersystem technisch einwandfrei einbauen
- Alarmer berücksichtigen
- Filtersystem gut warten
- Motor gut warten und so unnötigen Schmierölanfall vermeiden
- Richtigen Treibstoff verwenden
- Einsatzintensität der Maschine nicht zu stark verändern, da Filterregeneration beeinträchtigt werden könnte.

Störung	Ursache	Behebung
Druckanzeige über lange Zeit überraschend tief.	Anschluss oder Leitung verstopft, vereist oder leck.	Leitung und Anschluss reinigen; Dichtheitskontrolle. Leitung fallend verlegen; Kondensatabscheider.
	Druckgeber defekt.	Presslufttest mit Reduzierventil bei 500 mbar.
Druckanzeige hoch, geht im Stillstand nicht auf null.	Anschluss oder Leitung verstopft.	Leitung und Anschluss reinigen; Dichtheitskontrolle.
	Druckgeber defekt.	Leitung fallend verlegen; Kondensatabscheider. Presslufttest mit Reduzierventil bei 500 mbar.
Rauchemission sichtbar und Gegendruck hoch.	Filter extrem überlastet.	Filter durch Vollastbetrieb regenerieren.
	Regeneration unwirksam.	Regenerationsverfahren an Einsatz anpassen. Filter reinigen (extern ausbrennen, auswaschen).
Rauchemission sichtbar und Gegendruck tief.	Filterelement beschädigt.	Filter austauschen.
	Canning Bypass.	Filter austauschen.
Geräusch auffallend.	Zündfrequenz.	Flansch-Leckage, Riss in der Zuströmung.
	Pfeifgeräusch.	Leckage, Riss in der Zuströmung.
	Rasselnd, bei Leerlauf höher.	Filterelement locker.
	Tieffrequentes Brummen.	Entkopplung von Motor und Filter schlecht, Balgkopplung.
Kontinuierlicher Druckanstieg, keine Regeneration.	Temperatur zu tief.	Einsatzbedingungen ändern.
		Isolation kontrollieren.
		Förderbeginn kontrollieren.
Rascher Druckanstieg.		Filter regenerieren.
Druck bleibt hoch trotz aktiver Regeneration.	Brennertemperatur zu tief.	Regenerationsvorgang aufzeichnen.
	Sauerstoff unzureichend.	Sauerstoffgehalt messen.
	Regenerationszeit zu kurz.	Hersteller konsultieren.
	Graffitisierung des Russes.	Regenerationstemperatur anheben plus Additiv.
Grunddruckniveau steigt trotz Regeneration.	Schmierölasche.	Schmieröl wechseln; Motorrevision.
	Gipsbildung.	Schwefelgehalt in Diesel/Schmieröl reduzieren.
	Additivasche.	Additivkonzentration reduzieren.
	Mineralstäube.	Luftfilter mit feinerer Porosität, Vorfilter, Zyklon. Luftfilterejektor nie vor Filter münden.
	Schalldämpferfasern.	Schalldämpfer nie vor Filter.
	Motorabrieb.	Sofortige Motorrevision.

Störung	Ursache	Behebung
Regenerationsintervall wird immer kürzer.	Vermehrt Ascheeinlagerung.	Filter reinigen.
	Rohemission stark erhöht.	Motor kontrollieren.
	Regeneration unvollständig.	Regeneration überprüfen.
Druck nach Reinigung nicht vermindert.	Verkockung in den Poren.	Vor der Reinigung ausbrennen.
	Ablagerungen verklebt.	
	Ascheversinterung.	Filter wechseln.
Funken im Abgasstrom.	Überbeladen.	Filterelement wechseln.
	Ablagerung auf der Reinseite.	Druckkontrolle überprüfen.
	Extrem hohe Regenerations-temperaturspitzen.	Regeneration verbessern.
Flammen im Abgasstrom.	Massive Ölablagerung auf der Reinseite durch Überlastung oder Schaden plus viel unverbrannte Kohlenwasserstoffe.	Filterelement ersetzen.
		Regeneration überprüfen.
		Motorrohmission überprüfen, Düsen kontrollieren, LDA kontrollieren.
Temperatur nach Filter ungewöhnlich hoch.	Unkontrollierte Regeneration mit zu hohen Russmengen.	Druckkontrolle überprüfen.
	Zu schnelle Regeneration.	HC-Rohmission überprüfen.
Abfall Motorleistung.	Filtergegendruck.	Filtergegendruck prüfen.
		Falls Gegendruck i. O., muss die Ursache anderswo gesucht werden.
Erhöhter Brennstoffverbrauch.	Filtergegendruck.	Filtergegendruck prüfen.
		Falls Gegendruck i. O., muss die Ursache anderswo gesucht werden.
Erhöhte Wassertemperatur.	Filtergegendruck.	Filtergegendruck prüfen.
		Falls Gegendruck i. O., muss die Ursache anderswo gesucht werden.
Weissrauchphase lang.	Wasserdampfbildung durch Kondensation im kalten Filtersystem.	Bei Brennersystem und bei elektrischer Beheizung: Filter vorheizen.
		Im Übrigen unbedenklich.
Blaurauch.	Hoher Ölverbrauch bei Motor oder Turbolader.	Motor kontrollieren.
Russablagerung im Auspuff.	Beginnender Filterschaden.	Opazität messen.
Rauch nur bei Beschleunigung.	Einspritzmenge zu hoch.	Kaltstartvorrichtung kontrollieren.
	TL-Ansprechen zu langsam.	LDA kontrollieren.
	Beginnender Filterschaden.	Filterelement austauschen.
NO <sub>x</sub> hoch oder tief.	Förderbeginn früh/spät.	Förderbeginn einstellen.
NO <sub>2</sub> hoch.	Katalytische Einlagerungen.	Filterelement auswaschen.
HC hoch.	Düsen tropfen, Ringschaden.	Düsen kontrollieren.
CO hoch.	Turbolader/Volllastanschlag.	Ladedruck kontrollieren und VL-Anschlag.
O <sub>2</sub> tief.	Turbolader/Volllastanschlag.	Ladedruck kontrollieren und VL-Anschlag.
Rauch vor Filter hoch.	Turbolader/Volllastanschlag.	Ladedruck kontrollieren und VL-Anschlag.



## Weitere Informationen

### **Bundesamt für Umwelt (BAFU)**

Allgemeine Informationen zu LRV und BAFU-Filterliste  
[www.umwelt-schweiz.ch/luft](http://www.umwelt-schweiz.ch/luft)

---

### **VSBM/SBI**

Technische Anleitung:  
Abgaswartung und Kontrolle von Maschinen  
und Geräten auf Baustellen (Stand 2009)  
[www.vsbm.ch/literatur/LRV-Empfehlung\\_d.pdf](http://www.vsbm.ch/literatur/LRV-Empfehlung_d.pdf)

---

### **suva**

Partikelfilter im Untertagebau  
[www.suva.ch](http://www.suva.ch) (Suchbegriff Partikelfilter)

---

### **beco Immissionsschutz**

siehe Impressum

---

## Impressum

### **Herausgeber und Bezugsquelle**

beco, Berner Wirtschaft, Immissionsschutz  
Laupenstrasse 22, 3011 Bern  
[www.be.ch/luft](http://www.be.ch/luft)  
[stefan.schaer@vol.be.ch](mailto:stefan.schaer@vol.be.ch)  
Telefon 031 633 57 89

---

### **Projektgruppe**

Stefan Schär, beco Immissionsschutz  
René Blunier, Airclean Engineering AG  
Heinz Riesen, Frutiger AG  
Sabine Frommenwiler, frokomm Umweltkommunikation

In Zusammenarbeit mit dem Kantonal-Bernischen  
Baumeisterverband, Florastrasse 13, 3000 Bern 6

---

Ausgabe: überarbeitete Version, Stand Sommer 2009