



Luftreinhalteplan 2011-2017

Beratungsleitfaden für die Partikelfilternachrüstung

Umweltstandards für Baumaschinen im Hoch- und Tiefbau im Rahmen öffentlicher Aufträge

Impressum

Bearbeitung

aurigna consulting GmbH
Autor: Volker Hensel
mit Unterstützung von Eva Wacker

Herausgeber

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin
Brückenstraße 6
10179 Berlin

Stand September 2015

Rechtliche Hinweise

Trotz sorgfältiger Prüfung sämtlicher Angaben des Leitfadens können Fehler nicht mit letzter Sicherheit ausgeschlossen werden. Die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität des Inhalts ist daher ohne Gewähr. Eine Haftung des Bearbeiters und des Herausgebers auch für die mit dem Inhalt verbundenen potentiellen Folgen ist ausgeschlossen. Der Inhalt dieses Leitfadens gibt ausschließlich die Meinung des Herausgebers wieder.

Die Angaben zu den Umweltstandards für Baumaschinen auf Baustellen der öffentlichen Hand Berlin spiegeln den Stand vom 28.07.2015 wider. Änderungen sind möglich. Ausschlaggebend für den Einsatz von Baumaschinen auf Baustellen der öffentlichen Hand ist stets der aktuellste Stand der Berliner „Verwaltungsvorschrift Beschaffung und Umwelt“ sowie die Anforderungen gemäß der vorhabenbezogenen Ausschreibungsunterlagen.

Alle urheberrechtlichen Verwertungsrechte für Inhalte liegen, sofern nicht anders gekennzeichnet, bei der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin.

Bildnachweis/Bildrechte

Abb Front: aurigna consulting GmbH; Abb. 1: Norbert Heeb, Schweiz; Abb. 2: aurigna consulting GmbH; Abb. 3: [IVU 2013], modifiziert durch IFEU GmbH (Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH); Abb. 4: ADAC e.V.; Abb. 5: TTM/VERT Association; Abb. 6: aurigna consulting GmbH; Abb. 7: aurigna consulting GmbH; Abb. 8: TÜV Technische Überwachung Hessen GmbH; Abb. 9: Baumot AG; Abb. 10: aurigna consulting GmbH; Abb. 11: HUSS Inc., HJS Emission Technology GmbH & Co. KG und LiqTech International A/S; Abb. 12: Baumot AG; Abb. 13: Baumot AG; Abb. 14: CTK Abgastechnik u. Engineering; Abb. 15: VERT Association; Abb. 16: CPK Automotive GmbH & Co KG; Abb. 17: PURitech GmbH & Co. KG; Abb. 18: HJS GmbH & Co. KG; Abb. 19: SUVA; Abb. 20: SUVA; Liebherr Machines Bulle SA; Abb 21: aurigna consulting GmbH; Abb. 22: HJS GmbH & Co. KG; Abb. 23: HJS GmbH & Co. KG; Abb. 24: aurigna consulting GmbH; Abb. 25: Bundesamt für Umwelt BAFU, Arbeitsgruppe Baumaschinen (Schweiz); Abb. 26: aurigna consulting GmbH; Abb. 27: PURitech GmbH & Co. KG; Abb. 28: PURitech GmbH & Co. KG; Abb. 29: PURitech GmbH & Co. KG; Abb. 30: HJS GmbH & Co. KG; Abb. 31: PURitech GmbH & Co. KG; Abb. 32: PURitech GmbH & Co. KG; Abb. 33: Baumot AG; Abb. 34: aurigna consulting GmbH.



Inhalt

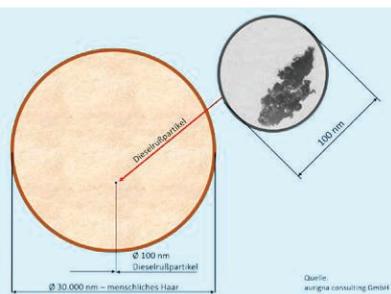
1 Einführung	4
1.1 Dieselruß und Gesundheit	4
1.2 Rußausstoß und Luftbelastung	4
1.3 Umweltstandards für Baumaschinen auf Baustellen der öffentlichen Hand in Berlin	6
2 Erkennungsmerkmale emissionsarmer Baumaschinen	9
2.1 Systematisches Vorgehen zur Erkennung, ob eine Baumaschine mit einem Partikelfilter nachgerüstet werden muss	9
2.2 Wie erkennt man die Emissionsstufen an der Maschine?	10
2.2.1 Baumaschinen gemäß Richtlinie 97/68/EG	10
2.2.2 Baustellen-Lkw und selbstfahrende Arbeitsmaschinen auf Basis einer Lkw-Zulassung	12
3 Partikelfilter-Technologien	13
3.1 Erläuterung der verschiedenen Technologien	13
3.1.1 Filtration von Dieselrußpartikeln	14
3.1.2 Regeneration von Partikelfiltersystemen	14
3.1.3 Überwachung der Funktion durch Messelektronik (DATA LOGGER)	17
3.2 Zertifizierungssysteme von Partikelfiltersystemen	18
3.3 Kosten von Partikelfiltersystemen	19
3.4 Zukunftssicher Investieren	20
4 Nachrüstung mit Partikelfiltern	21
4.1 Filterwahl	21
4.2 Beschaffung von Filtern	22
4.3 Voraussetzungen für einen erfolgreichen Filtereinbau	23
4.4 Praktischer Ablauf einer Partikelfilternachrüstung	24
4.5 Garantieleistungen der Partikelfilterhersteller	28
4.6 Kontrolle und Wartung	28
4.7 Reinigung und Ascheentsorgung des Filters	30
4.8 Finanzierungsmöglichkeiten	31
5 Nachweise zur Einhaltung der Umweltstandards	32
5.1 Berücksichtigung der Beschaffungsbeschränkungen im Vergabeverfahren	32
5.2 Nachweis beim Einsatz der Baumaschine auf der Baustellen	32
6 Ansprechpartner bei Fragen und Problemen	33
7 Anhang	34
7.1 Empfehlungen	34
7.2 Probleme, Ursachen und Lösungsansätze	35
7.3 Checkliste	38
7.3.1 Beispielcheckliste – Prüfung vor Montage des Partikelfilters	38
7.3.2 Beispielcheckliste – Prüfung nach Montage des Partikelfilters	38
7.3.3 Beispiel eines Abnahmeprotokolls	39
7.4 Informationsmaterial und Gesetzesgebungen	39
7.5 Glossar	41
7.6 Literaturverzeichnis	43

1 Einführung



Abb. 1: Extremer Rußausstoß

Abb. 2: Größenvergleich Dieselrußpartikel



1.1 Dieselruß und Gesundheit

Fast alle Baumaschinen werden mit Dieselmotoren angetrieben. Diese Motoren sind langlebig, effizient, leistungsstark und vielfältig einsetzbar. So vorteilhaft Dieselmotoren auch sind, sie haben doch einen Nachteil: In einem Dieselmotor bilden sich bei der Verbrennung des Kraftstoffs zahlreiche unerwünschte stark gesundheitsgefährdende Stoffe.

Dieselruß wird von der WHO (World Health Organisation) als ebenso stark krebserregend wie Asbest eingestuft.

Im Fokus stehen dabei ganz besonders die Dieselrußpartikel. Diese Partikel bestehen aus einem Kern aus schwarzem elementarem Kohlenstoff und zahlreichen angelagerten Stoffen. Sowohl der Kern als auch die Anlagerungen selbst sind krebserregend. Die allermeisten der Dieselrußpartikel sind extrem klein, im Bereich von 100 nm und kleiner (ein nm ist ein millionstel Millimeter). Das gilt sowohl für neue als auch für ältere Dieselmotoren.

Zum Vergleich: Ein Haar hat einen Durchmesser von ca. 30.000 nm, ist also etwa so dick wie 300 Rußpartikel. Weil die Dieselrußpartikel so klein sind, gelangen sie beim Einatmen bis in die Lunge und von dort sogar ins Blut. Dies kann zu vielfältigen Gesundheitsschäden führen: Atemwegsbeschwerden, chronischer Bronchitis, Lungenkrebs, Schlaganfällen, Herzinfarkten oder anderen Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Besonders hohe Konzentrationen von Dieselrußpartikeln findet man an Hauptverkehrsstraßen oder auf Baustellen, wo Baumaschinen mit Dieselmotoren eingesetzt werden. Studien^{1,2} zum Thema „Risiko für Atemwegserkrankungen und Lungenkrebs bei verschiedenen Berufsgruppen“ ergaben, dass Bauarbeiter erhöht von diesen Risiken betroffen sind. Beschäftigte auf schweren Baumaschinen erkrankten z. B. mehr als doppelt so häufig an Lungenkrebs wie die Durchschnittsbevölkerung.

1.2 Rußausstoß und Luftbelastung

Die gesetzlichen Grenzwerte für den Rußausstoß von Baumaschinen hinkten lange der Entwicklung bei den Lkw hinterher. So durften Baumaschinen mit dem Abgasstandard IIIA pro kW Motorleistung mehr als zehnmal so viel Dieselruß emittieren wie vergleichbar motorisierte Lkw aus dem gleichen Baujahr. Erst mit der zwischen 2011 und 2013 in Kraft getretenen Abgasstufe IIIB sank der Grenzwert für Baumaschinen auf das Niveau von Lkw, und es ist zu erwarten, dass die neue Stufe V ähnlich wie die Lkw Stufe EURO VI auch die besonders gefährlichen ultrafeinen Partikel begrenzen wird.

Dennoch tragen Baumaschinen insbesondere in Ballungsgebieten immer noch erheblich zur Feinstaubbelastung bei.

In Berlin werden heute, nach Einführung der Umweltzone, jährlich ca. 142 Tonnen Rußpartikel vom Kfz-Verkehr erzeugt (statt 225 Tonnen vor Einführung der Umweltzone). Der Schadstoffausstoß von mobilen Maschinen wie Baumaschinen wird auf 90 bis 170 Tonnen geschätzt, ist also vergleichbar mit dem Ausstoß des Straßenverkehrs. Allerdings treten diese Emissionen oft lokal konzentriert auf, wenn die Maschinen über viele Stunden am gleichen Ort betrieben werden.

- 1 Brüske-Hohlfeld I, Möhner M, Ahrens W, Pohlabein H, Heinrich J, Kreuzer M, Jöckel KH, Wichmann HE. Lung cancer risk in male workers occupationally exposed to Diesel motor emissions in Germany. Am J Ind Med 1999; 36: 405-414
- 2 Bergdahl IA, Toren K, Eriksson K, Hedlund U, Nilsson T, Flodin R, Järholm B. Increased mortality in COPD among construction workers exposed to inorganic dust. Eur Respir J 2004; 23: 402-406

Baumaschinen tragen mitunter selbst an einer vielbefahrenen Straße stärker zur lokalen Feinstaubbelastung bei als der Straßenverkehr. Abbildung 3 zeigt das Ergebnis einer Modellrechnung aus einer Studie³ des IFEU-Instituts: Fünf über ein Jahr von 8-16 Uhr laufende Baumaschinen führen lokal im Jahresmittel zu einer Mehrbelastung von 6 bis 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mit stundenweisen Spitzen von über 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, während der Straßenverkehr mit 46.500 Fahrzeugen pro Tag eine maximale Belastung von 3 bis 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Stundenspitzen bis zu 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) erreicht. Auch wenn die Luftbelastung durch Baumaschinen oft zeitlich begrenzt ist, so können die kurzzeitig sehr hohen Konzentrationsspitzen zur Überschreitung des Luftqualitätsgrenzwertes für das Tagesmittel beitragen. Gerade die Einhaltung dieses Grenzwertes ist in Berlin seit vielen Jahren sehr kritisch.

Feinstaubzusatzbelastung durch Dieselruß gemittelt über ein Jahr im Vergleich durch:

Kfz-Verkehr

Baustelle

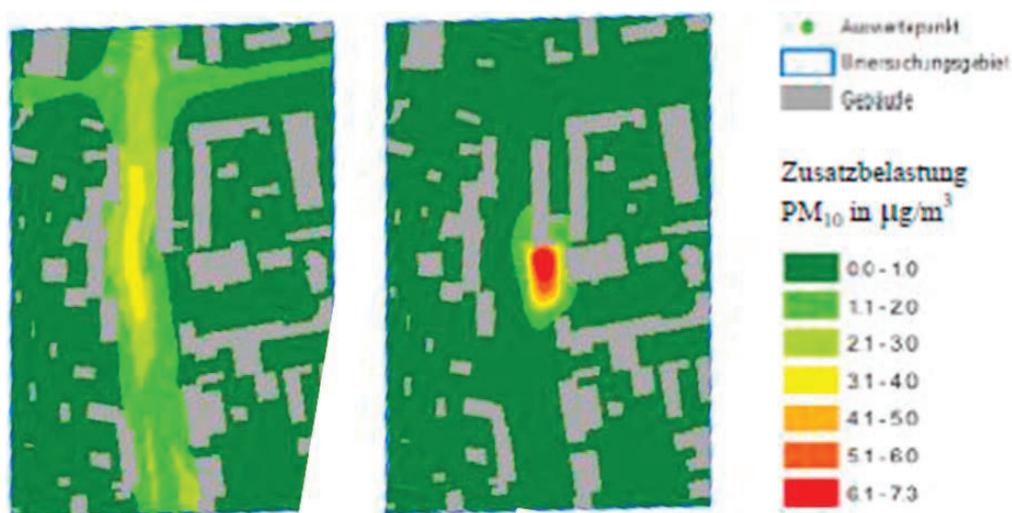


Abb. 3: Umwelteffekt am Rande einer Muster-Baustelle mit 5 Maschinen Stufe II, Betrieb von 8 bis 16 Uhr; ca. 46.500 Fahrzeuge pro Tag, davon ca. 1.800 Lkw und Busse

Da bei Baumaschinen bisher die technischen Möglichkeiten zur Verminderung des Rußausstoßes kaum genutzt wurden, besteht ein erhebliches Verbesserungspotential durch Nachrüstung mit Partikelfiltern oder durch Ersatz durch Maschinen der neuesten Generation.

Moderne Partikelfilter sind in der Lage, die Anzahl der Partikel um mehr als 99 % zu reduzieren. Abbildung 4 demonstriert, wie viel Ruß mit dem Einsatz eines Partikelfilters, hier am Beispiel eines Pkw nach 80.000 km, eliminiert werden kann. Bei einem Euro-III-Pkw ohne Filter würden ca. 3 kg Ruß ausgestoßen, mit Filter nur 100 g.

Mit der Einführung der Umweltzone wurden im Berliner Fahrzeugbestand zwischen 2009 und 2012 etwa 15.000 Lkw nachgerüstet. Dadurch wurden allein bei den Lkw 40 % der Partikelemissionen vermieden.

Baumaschinen fallen dagegen nicht unter die Regelungen der Umweltzonen, weshalb Berlin als Auftraggeber beschlossen hat, bei öffentlichen Bauaufträgen den Einsatz von emissionsarmen Baumaschinen zu fordern.

3 Helms, H. und Heidt, C.: Erarbeitung eines Konzepts zur Minderung der Umweltbelastung aus NRMM (non road mobile machinery) unter Berücksichtigung aktueller Emissionsfaktoren und Emissionsverminderungsoptionen für den Bestand. IFEU-Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. UBA-Texte 24/2014

Abb. 4: Rußausstoß eines Euro-III-Pkws im Vergleich: MIT Partikelfilter 100 g und OHNE Partikelfilter 3 kg Ruß



1.3 Umweltstandards für Baumaschinen auf Baustellen der öffentlichen Hand in Berlin

Bei der Ausschreibung und Vergabe von Bauaufträgen durch öffentliche Auftraggeber im Land Berlin sind Baumaschinen an bestimmte Umweltstandards gebunden, um den Schadstoffausstoß zu verringern. Diese Umweltstandards sind in der Verwaltungsvorschrift „Umwelt und Beschaffung“ festgelegt. Sie gelten somit nur für öffentliche Aufträge, nicht aber für Bauaufträge der Privatwirtschaft.

Die vollständige Verwaltungsvorschrift „Umwelt und Beschaffung“ finden Sie unter:
<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/service/gesetzestexte/de/beschaffung/>
oder unter:
www.berlin.de/baumaschinen-partikelfilter.

Ausschlaggebend für den Einsatz von Baumaschinen auf Baustellen der öffentlichen Hand ist stets der aktuellste Stand der Berliner „Verwaltungsvorschrift Beschaffung und Umwelt“ sowie die Anforderungen gemäß der vorhabenbezogenen Ausschreibungsunterlagen.

Welche Standards gelten für Baumaschinen mit Dieselmotor auf öffentlichen Baustellen?

Auf Baustellen der öffentlichen Hand Berlins dürfen nur Baumaschinen bzw. mobile Maschinen und Geräte eingesetzt werden, die die Abgasstandards in Tabelle 1 einhalten oder mit einem zertifizierten Partikelfilter nachgerüstet wurden.

Tab. 1: Emissionsanforderungen für Maschinen mit Dieselmotor

Abgasstandard für Baumaschinen		Selbstfahrende Arbeitsmaschine mit Typzulassung des Motors nach Lkw-Standard	Mobile Maschinen und Geräte sowie Generatoren mit konstanter Motordrehzahl
Leistungsklasse	Emissionsstufe ⁴	Emissionsstandard ⁵	Anforderung unabhängig von der Emissionsstufe
ab 19 kW und < 37 kW	Stufe IIIA	mindestens Euro IV	Partikelfilter (werksseitig oder nachgerüstet)
ab 37 kW und < 56 kW	Stufe IIIB		
ab 56 kW bis 560 kW	Stufe IIIB oder IV		

Maschinen, die die jeweilige Abgasstufe nicht erreichen, können eingesetzt werden, wenn sie mit einem Partikelfilter nachgerüstet wurden.

Gelten die Umweltstandards für alle Baumaschinen mit Dieselmotor?

Nicht alle Baumaschinen müssen die Anforderungen einhalten:

- Baumaschinen mit Dieselmotor mit einer Motorleistung unter 19 kW oder über 560 kW sind ausgenommen, weil bisher für diese sehr kleinen oder sehr großen Motoren keine entsprechenden Abgasgrenzwerte existieren.
- Die Maschinenklassen der Rammen, Grader, Straßenfertiger sowie Gussasphaltkocher und Mischanlagen für Schwarzdecken und sonstige nicht in Tabelle 2 aufgeführte Maschinenkategorien werden aufgrund der geringen Beiträge zur Gesamtemission von der Einhaltung der Umweltstandards befreit.

Ab wann müssen die Umweltstandards eingehalten werden?

Die Umweltstandards werden in zwei Stufen eingeführt. In Tabelle 2 ist angegeben, ab wann diese Standards Bestandteil der Ausschreibung von Bauaufträgen der öffentlichen Hand in Berlin sein werden. Mit dem Bezug auf den Ausschreibungszeitpunkt ist sichergestellt, dass die Kosten für den Einsatz emissionsarmer Baumaschinen bereits bei der Kalkulation des Angebots berücksichtigt werden können.

Tab. 2: Fristen zur Anwendung der Emissionsstandards bezogen auf den Zeitpunkt der Ausschreibung

Umweltstandards einzuhalten ab	Maschinenkategorie
Stufe I: 1.01.2016	<ul style="list-style-type: none"> ■ Radlader, Baggerlader, Raupenlader, Kompaktlader, Teleskoplader, sonstige Lader und darauf beruhende Maschinen ■ Kompressoren und Generatoren ■ Mörtelförderer und Verputzgeräte, Betonmischer und Betonpumpen ■ Pumpen zum Wassermanagement ■ Unabhängig von der Maschinenkategorie: selbstfahrende Arbeitsmaschinen mit Typzulassung des Motors nach Richtlinie 88/77/EWG (Abgasnorm für Lkw)
Stufe II: 1.07.2016	<ul style="list-style-type: none"> ■ Mobilbagger, Standbagger, Hydraulikbagger, Seilbagger, Schreitbagger, Minibagger, Kompaktbagger, Teleskopbagger, sonstige Bagger und darauf beruhende Maschinen ■ Dumper/Muldenkipper, Planiertraupen ■ Verdichtungsmaschinen

4 Jeweils gemäß der NRMM Richtlinie 97/68/EG.

5 Stufe B1 (Euro IV) gemäß der Richtlinie 99/96/EG.

Welche Anforderungen gelten für die Nachrüstung mit einem Partikelfilter?

Für die Nachrüstung sind nur geschlossene Filtersysteme mit einer hohen Abscheidewirkung zugelassen, die dementsprechend zertifiziert sind.

Für die Nachrüstung müssen Partikelfilter verwendet werden, die eines der nachfolgenden Zertifizierungsverfahren nachweisen können (weitere Details zur Filterzertifizierung in Kap. 3):

- Stufe PMK 2 gemäß Anlage XXVII zur Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO).
- Klasse 1 oder 2, Reduktionsstufe 01 der UNECE Richtlinie No. 132 zur Nachrüstung von Partikel- und NO_x-reduzierenden Abgasnachbehandlungssystemen (REC-Richtlinie; REC steht für: Retrofit Emission Control Devices).
- Gütesiegel des VERT-Vereins (VERT Filterliste) oder Konformitätsbescheinigung gemäß der Luftreinhalteverordnung der Schweiz (BAFU Liste).
- Qualitätssiegel des FAD (Förderkreis Abgasnachbehandlungstechnologien für Dieselmotoren).
- Maschinen, die mit einem Partikelfilter nachgerüstet wurden, um die Anforderungen der TRGS 554 zu erfüllen, erfüllen damit auch die Anforderungen für den Einsatz auf Berliner Baustellen.

Abb. 5: Sauberes Abgas mit Partikelfilter



Was gilt für Fremdzündungsmotoren (2-Takt- oder 4-Takt-Ottomotor)?

Auch für kleine motorbetriebene Geräte mit Fremdzündungsmotor bis 19 kW Motorleistung wie Motorsägen müssen bei Projekten für öffentliche Auftraggeber in Berlin Umweltstandards eingehalten werden. Damit soll vor allem der hohe Ausstoß von gesundheitsschädlichen Kohlenwasserstoffen aus Zweitakt-Motoren reduziert werden.

Mobile Maschinen und Geräte, die in den Geltungsbereich der Richtlinie 97/68/EG fallen, müssen folgende Abgasgrenzwerte der Richtlinie 2002/88/EG einhalten:

- handgehaltene Geräte: Stufe II der Klasse SH.
- nicht handgehaltene Geräte: Stufe I oder Stufe II der Klasse SN.

2-Takt-Motoren, die von der Richtlinie 97/68/EG nicht erfasst werden, können nicht eingesetzt werden. Eine Nachrüstung mit Abgasminderungssystemen ist für diese Maschinen nicht möglich.

2 Erkennungsmerkmale emissionsarmer Baumaschinen

2.1 Systematisches Vorgehen zur Erkennung, ob eine Baumaschine mit einem Partikelfilter nachgerüstet werden muss

Auch ältere Baumaschinen können weiter auf Baustellen der öffentlichen Hand in Berlin eingesetzt werden, wenn sie entweder die Mindeststandards erfüllen oder mit einem entsprechend zugelassenen Partikelfiltersystem nachgerüstet werden.

Das nachfolgende Ablaufdiagramm hilft Ihnen einfach zu erkennen, ob Sie Ihre Maschine weiter unverändert einsetzen können oder eine Nachrüstung erforderlich ist.

Überprüfung der Mindeststandards für Baumaschinen mit Dieselmotor

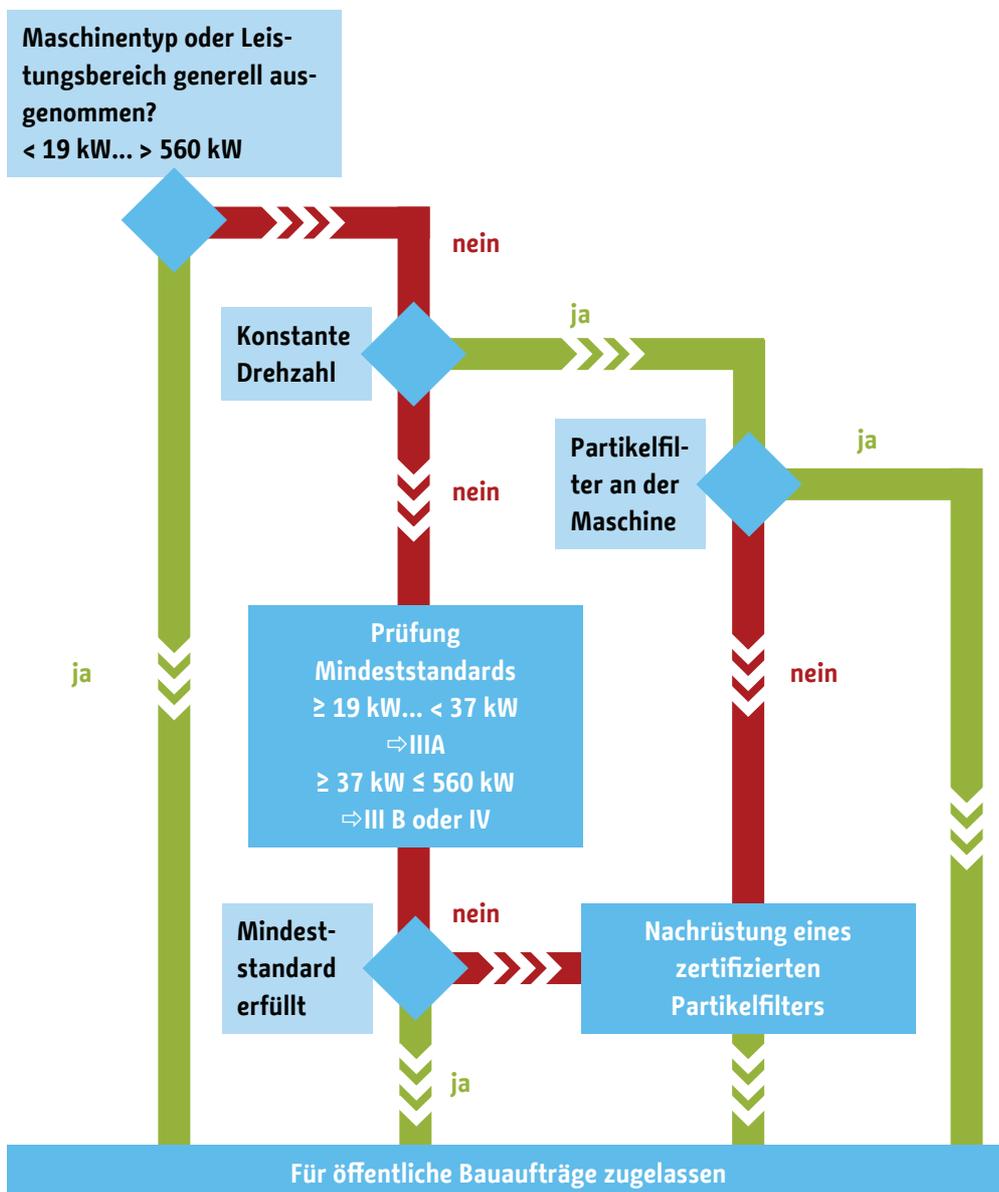


Abb. 6: Beurteilung der Einsatzfähigkeit von Baumaschinen

2.2 Wie erkennt man die Emissionsstufen an der Maschine?

2.2.1 Baumaschinen gemäß Richtlinie 97/68/EG (ab 1999)

Die Emissionsklasse der eingesetzten Maschine hängt von deren Motor ab. Für Baumaschinen werden Motoren gemäß der europäischen Richtlinie 97/68/EG von 1997 für mobile Maschinen zertifiziert. Baumaschinen, die seit 1999 in den Verkehr gebracht wurden, unterliegen dieser Richtlinie. Um die Emissionsklasse zu ermitteln, hilft ein Blick auf das Typenschild des Motors, in den Lieferschein oder in die Zulassungspapiere. Meist finden Sie die Informationen auch in der Betriebsanleitung.

Seit 1999 verfügen Motoren in der EU über eine EG-Typgenehmigungsnummer (Europe Approval No.) mit Angabe der Emissionsklasse. Ältere Maschinen erfüllen die Anforderungen an emissionsarme Baumaschinen nicht.

Im Nachfolgenden finden Sie ein Beispiel eines 2004 in den Verkehr gebrachten Motors einer Baumaschine mit EG-Typgenehmigungsnummer.

Ist Ihnen der Motor zugänglich, finden Sie dort auch die Typgenehmigungsnummer (European Approval No.). Aus dieser Nummer können Sie wie unten beschrieben die Emissionsklasse ablesen. Bei den meisten Maschinen finden Sie die Information auch in der Betriebsanleitung. Die Maschine aus dem Beispiel darf eingesetzt werden, da sie mit 30 kW Leistung, Stufe IIIA und keiner konstanten Drehzahl als emissionsarm eingestuft wird (siehe Tabelle 3).⁶

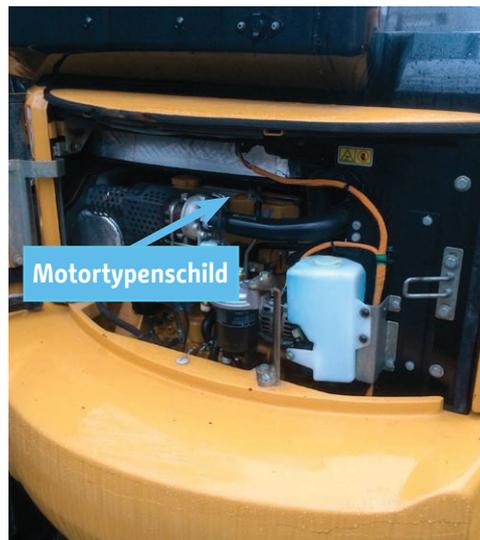
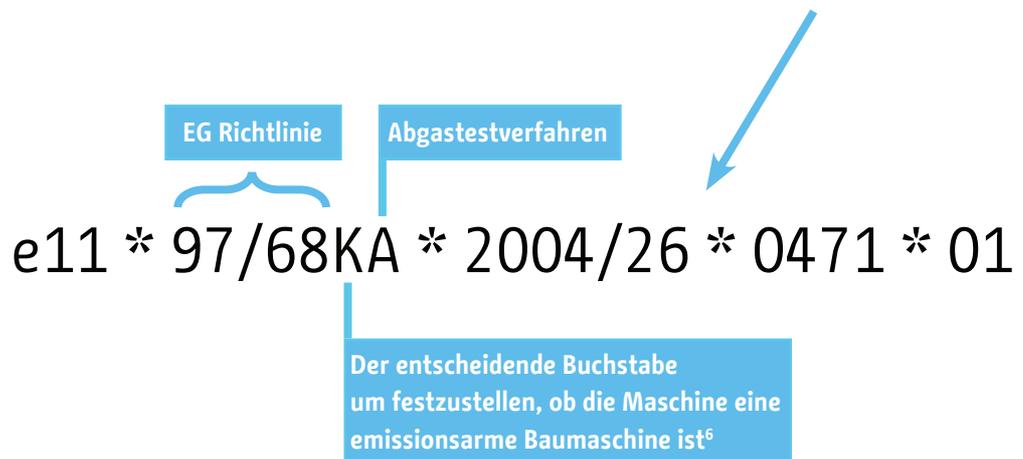


Abb. 7: EG-Typgenehmigungsnummer auf Baumaschinenmotor



⁶ Gemäß derzeitiger Definition der Senatsverwaltung Berlin.

Um die Leistungsklasse und somit die Emissionsstufe der Baumaschine zu ermitteln, vergleicht man den ersten Großbuchstaben in der EG-Typgenehmigungsnummer mit den Buchstaben in der folgenden Tabelle.

Ab der vierten Stelle wird die Art der Zulassung definiert. Die Zahlen 97/68 stehen für die Richtlinie, nach der der Motor zugelassen wurde, und zeigen, dass es eine Nonroad-Zulassung ist. Der Buchstabe danach ist entscheidend und verschlüsselt eine Kombination der Leistungsklasse des Motors und seiner Emissionsstufe.

Zur Erkennung vergleichen Sie die Buchstaben mit folgender Tabelle 3:

Markteinführung der Emissionsstufen von Baumaschinen und Bedeutung des Codes vom Motortypenschild

Tab. 3: Zuordnung der Buchstabencodierung zu Leistung und Emissionsklasse nach EU-Nonroad-Richtlinie (97/68/EC)

Leistungs- klasse	≥ 19 kW... < 37 kW	≥ 37 kW... < 56 kW	≥ 56 kW... < 75 kW	≥ 75 kW... < 130 kW	≥ 130 kW... < 560 kW
Stufe IIIA	ab 2007	ab 2008	ab 2008	ab 2007	ab 2006
Kategorie	K	J	J	I	H
Stufe IIIB	-	ab 2013	ab 2012	ab 2012	ab 2011
Kategorie	-	P	N	M	L
Stufe IV	-	-	ab Oktober 2014	ab Oktober 2014	ab 2014
Kategorie	-	-	R	R	Q
Stufe V	In Vorbereitung				

Nur Maschinen (ohne konstante Drehzahl) mit den grün eingekreisten Buchstaben können unverändert eingesetzt werden. Andere müssen mit einem Partikelfilter nachgerüstet werden.

Selbstfahrende Arbeitsmaschinen im Straßenverkehr

Für den Betrieb einer selbstfahrenden Arbeitsmaschine bis zu einer konstruktiv bedingten Höchstgeschwindigkeit von 20 km/h reicht zum Einsatz im Straßenverkehr eine Betriebserlaubnis, insoweit die Maschine die Vorgaben der StVZO und der EU-Richtlinien in Hinblick auf Breite, Sichtfeld, Achslasten, Länge, Gesamtmasse, Beleuchtung, Geräuschpegel etc. einhält. Dies gilt auch dann, wenn bereits ein Partikelfilter nachgerüstet wurde.

Besitzt die Maschine aufgrund Ihrer Bauart bereits eine Ausnahmegenehmigung gem. § 70 StVZO sowie eine Erlaubnis nach § 29 Abs. 3 StVO, weil sie die Bauvorschriften der StVZO bzw. die Vorgaben der entsprechenden EU-Richtlinien nicht einhalten kann (Gesamtmasse, Breite, Länge, Achslasten, Sichtfeld, Beleuchtung...), muss die Partikelfilternachsrüstung sich im Rahmen der Ausnahmeregelung bewegen, um diese aufrechtzuerhalten.

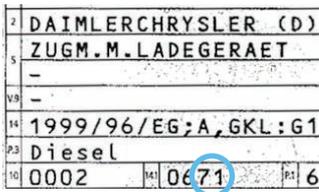
Arbeitsmaschinen mit einer Höchstgeschwindigkeit von mehr als 20 km/h benötigen zum Betrieb im Straßenverkehr eine Straßenzulassung und ein Nummernschild. Bei Nachrüstungen dieser Arbeitsmaschinen oder auch anderer, ggf. sogar langsameren Maschinen mit Nummernschild ist ein vom KBA gemäß Anlage XXVII zur StVZO für diesen Typ zugelassener Partikelfilter notwendig. Da solchermaßen zugelassene Partikelfilter für selbstfahrende Arbeitsmaschinen noch wenig existieren, muss in diesem Fall oft eine Einzelabnahme durch den TÜV oder die DEKRA durchgeführt werden.

2.2.2 Baustellen-Lkw und selbstfahrende Arbeitsmaschinen auf Basis einer Lkw-Zulassung

Einige auf Baustellen eingesetzte Maschinen beruhen auf einer Lkw-Konstruktion. Der Motor dieser Maschinen wurde daher nicht nach der Richtlinie 97/68/EG geprüft, sondern nach den Zulassungsvorschriften für Lkw-Motoren. Für diese Maschinen wird eine Zulassungsbescheinigung durch die Straßenverkehrszulassungsbehörde ausgestellt.



Vor Oktober 2005
(Schlüsselnummer zu 1)



Nach Oktober 2005
(14.1)

Abb. 8: Erkennung der Emissionsklasse
im Fahrzeugschein

Um die Emissionsklasse festzustellen, vergleicht man die letzten Ziffern der Zahl im Feld **Schlüsselnummer zu 1** im Fahrzeugschein (bis 1. Oktober 2005) beziehungsweise die letzten Ziffern im Feld **14.1** in der Zulassungsbescheinigung (nach dem 01. Oktober 2005) mit der nachfolgenden Tabelle. Diese Nummer wird als Emissionsschlüsselnummer oder auch Schadstoffschlüssel bezeichnet. Manchmal ist die Emissionsklasse auch als Klartext angegeben.

Für den Einsatz auf Baustellen der öffentlichen Hand müssen diese Fahrzeuge mindestens die Anforderungen der Abgasnorm Euro IV erfüllen. In Tabelle 4 sind die Schlüsselnummern für die Abgasnormen Euro IV bis VI zusammengestellt. Fahrzeuge mit niedrigeren Emissionsklassen, EURO I, EURO II, EURO III (unten nicht aufgeführte Schlüsselnummern) können nur verwendet werden, wenn sie mit einem Partikelfilter nachgerüstet werden.

Tab. 4: Emissionsklassen für Lkw-basierte selbstfahrende Arbeitsmaschinen

Abgasnorm	Emissionsschlüsselnummer	Marktzulassung
EURO IV	35, 45, 55, 80, 81	ab 2005
EURO V	83, 84, 35AO bis 35MO	ab 2009
EEV	90, 91	ab 2000
EURO VI	A0, B0, C0, 36NO bis 36YO	ab 2014

Nicht immer ist in der Zulassungsbescheinigung eine Emissionsschlüsselnummer angegeben oder es ist nur „0000“ eingetragen. In diesen Fällen ergeben sich zur Ermittlung der Abgasnorm des Motors folgende alternative Möglichkeiten:

- Herstellerbescheinigung, aus der die Motorengenehmigung bzw. die Genehmigung des Partikelminderungssystems ersichtlich ist. Die Fahrgestellnummer liefert in der Regel die nötigen Informationen beim Hersteller.
- Einsicht in die Betriebsanleitung.
- Ist bereits ein Partikelminderungssystem vorhanden, muss dieses der Partikelminderungskategorie PMK 2 der Anlage XXVII zur StVZO entsprechen, und in dem Fahrzeugschein eingetragen sein.

Baustellenfahrzeuge und selbstfahrende Maschinen auf Basis einer Lkw-Zulassung benötigen zur Nachrüstung einen vom KBA gemäß Anlage XXVII zur StVZO für diesen Motortyp zugelassenen Partikelfilter oder eine entsprechende Einzelabnahme durch einen amtlich anerkannten Sachverständigen (TÜV oder DEKRA), um die Straßenzulassung nicht zu verlieren.

3 Partikelfilter-Technologien

3.1 Erläuterung der verschiedenen Technologien

Partikelfiltersysteme im Sinne der Berliner Regelung sind Systeme zur Abscheidung von partikelförmigen Bestandteilen aus dem Abgasstrom, die dauerhafte Rückhaltegrade von mindestens 90 % der Partikelmasse gewährleisten. Motorspezifische Änderungen an elektronischen Bauteilen und Komponenten sowie Abgasrückführungen in den Motor zählen nicht zu den Partikelminderungssystemen.

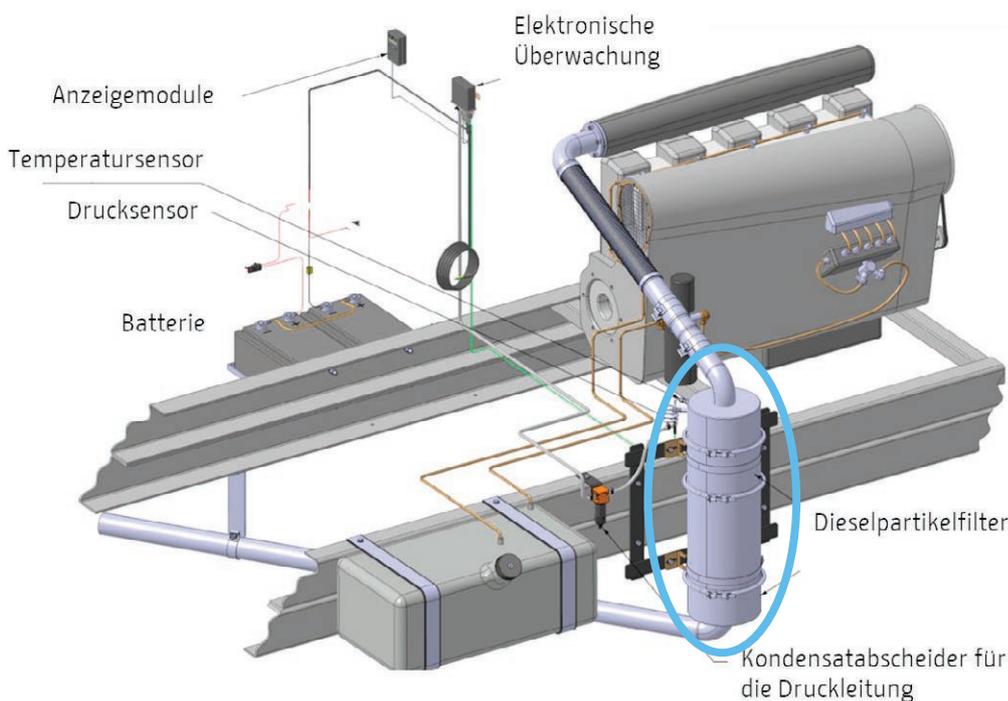


Abb. 9: Partikelfiltersystem im Einbau

Partikelfiltersysteme müssen neben der Rußabscheidung noch weitere wichtige Funktionen erfüllen, um einen reibungslosen Betrieb des Filters und der Maschine zu gewährleisten.

Ein Partikelfiltersystem erfüllt in der Regel vier Hauptfunktionen:

Filtration der Partikel, Regeneration des Filters (Entfernung des Rußes), Überwachung der Funktionalität mit Hilfe von Temperatur- und Abgasgegendrucksensoren (Datalogger) und Geräuschreduzierung (Substitution des Schalldämpfers).

Filtration	+	Regeneration	+	Überwachung	+	Geräuschreduzierung
Ein Filterelement, meist aus Keramik oder Sintermetall, hält Ruß und nichtbrennbare Partikel wie Ölasche zurück.		Ein Motor produziert mehr Ruß als ein Filter über die Zeit aufnehmen kann. Dieser wird daher abgebrannt.		Mithilfe von mindestens Temperatur- und Drucksensoren wird der Betrieb des Filters überwacht.		Da der Partikelfilter in der Regel den Schalldämpfer ersetzt, muss er dessen Funktion mit übernehmen.

Tab. 5: Funktionen eines Dieselpartikelfiltersystems

3.1.1 Filtration von Dieselrußpartikeln

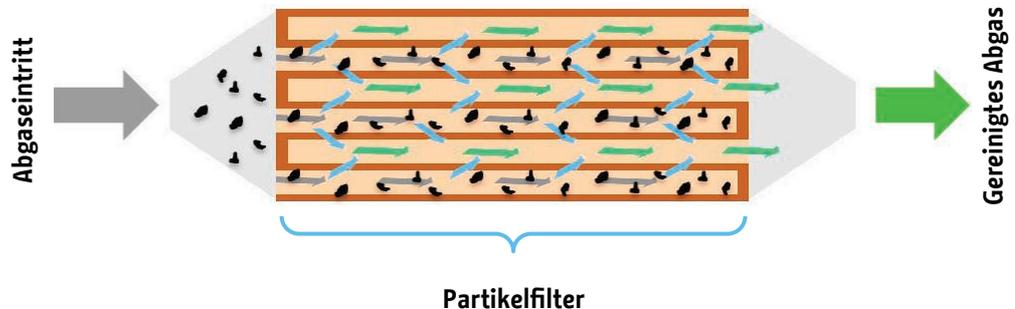
Man unterscheidet „Geschlossene Systeme“ (Wall-Flow- oder Wandstromfilter) und „Offene Systeme“ (Nebenstrom- oder auch „Partial Flow“-Filter). Offene Filtersysteme werden beispielsweise in der Pkw-Nachrüstung eingesetzt und haben nur einen geringen Abscheidegrad.

Zugelassen im Rahmen der Berliner Umweltstandards für Baumaschinen sind nur „geschlossene Systeme“, da nur diese die erforderlichen Partikelminderungsraten > 90 % erfüllen. „Offene Systeme“ erfüllen die Vorgaben nicht!

Ein geschlossener Partikelfilter besteht aus einer Anordnung von wechselseitig an den Enden verschlossenen Kanälen mit porösem gasdurchlässigem Wandmaterial. Das Abgas wird in Kanäle geleitet, die an den Enden verschlossen sind. Es wird so gezwungen, durch die porösen Wände des Filtermaterials zu strömen. Hierbei scheiden sich die Rußpartikel an der Oberfläche und in dem porösem Substrat der Kanalwände des Filters ab.



rechts – Abb. 10: Schema der Wanddurchströmung eines Filters
links – Abb. 11: Substrate von Partikelfiltern



Als Substrate für geschlossene Systeme werden fast ausschließlich keramische und sintermetallische Werkstoffe verwendet. Je nach Regenerationsverfahren und Einsatzzweck ergeben sich für diese Werkstoffe unterschiedliche Vor- und Nachteile.

Die verwendeten Substrate sind in der Lage, alle Partikel, auch die allerfeinsten, wirksam aus dem Abgas herauszufiltern, d. h. abzuscheiden.

3.1.2 Regeneration von Partikelfiltersystemen

Im Partikelfilter sammeln sich alle Partikel aus dem Abgas. Die meisten bestehen aus brennbarem Ruß, ein kleiner Teil aus nicht-brennbaren Aschebestandteilen, z. B. aus dem Motoröl. Partikelfiltersysteme müssen regeneriert, d. h. vom Ruß befreit werden, damit der Abgasgegendruck nicht zu stark ansteigt, sich der Kraftstoffverbrauch nicht erhöht und keine Schäden am Motor verursacht werden.

Regeneration ist nicht gleich Reinigung! Regeneration bedeutet den Filter vom Ruß zu befreien. Dies erfolgt bei den meisten Partikelfiltersystemen selbstständig während des Betriebs. Reinigen bedeutet den Filter von nicht-brennbaren Bestandteilen wie Ölasche, Metallpartikeln und Silikaten zu befreien. Dies erfolgt im Rahmen der regelmäßigen Wartung (siehe Kap. 4.7).

Ruß entzündet sich bei ca. 600 °C. Da diese Temperatur im Abgasstrom dort, wo der Partikelfilter sitzt, praktisch nie erreicht wird, sind technische Maßnahmen notwendig, um den Ruß permanent oder regelmäßig aus dem Filterelement zu entfernen. Erfolgt dies nicht, entsteht innerhalb weniger Betriebsstunden bis Tagen ein so hoher Abgasgegendruck, dass Filter und Maschinen nicht mehr betrieben werden können oder Schaden nehmen.

Hierzu sind über viele Jahre verschiedene Technologien und Konzepte entwickelt und in den Markt gebracht worden.

Man unterscheidet zwischen „passiven Regenerationssystemen“ und „aktiven Regenerationssystemen“ sowie „Wechselfiltersystemen“ und Kombinationen zwischen aktiven und passiven Systemen.

„Passive Regeneration“

Passiv regenerierende Filtersysteme wandeln den auf dem Filter abgeschiedenen Ruß bei ausreichender Abgastemperatur *ohne externe Energiezufuhr* um und sind somit abhängig von der Abgastemperatur, Dauer der entstehenden Temperaturen und dem Zustand des Abgasstroms. Die Regeneration wird entweder über das Gas NO_x , über oxidative Beschichtungen oder durch die Zugabe von Additiven eingeleitet.

Alle Anbieter von passiven Systemen können Tabellen und Schaubilder liefern, die zeigen, in welchen Temperaturbereichen eine Maschine betrieben werden muss, um einen reibungslosen Betrieb zu gewährleisten. Daher muss das Temperaturverhalten im Abgas vor der Nachrüstung bekannt sein, d. h. gemessen werden.

„Aktive Regeneration“

Bei aktiven Regenerationsmethoden wird dem Filter *aktiv Energie zugeführt*. Dies kann mittels Kraftstoffs und eines Brennersystems, elektrisch unterstützt in Kombination mit einem Additivsystem oder über Dieseldieselspritzung auf einen Katalysator erfolgen. Ohne Additive muss das Abgas dabei auf über 600 °C erhitzt werden, um den Ruß zu entzünden.

„Aufsteck- oder Wechselfilter-Systeme“

Aufsteck- und Wechselfiltersysteme haben die Regenerationsfunktion (Abbrand des Rußes) nicht integriert. Deshalb muss das Filterelement extern in kurzen Abständen durch einen thermischen Prozess und/oder durch Reinigung vom Ruß befreit oder getauscht werden.

Die Wechselfiltersysteme werden oft direkt auf das Auspuffende gesteckt und sind für temporäre Einsätze oder Maschinen mit wenigen Betriebsstunden entwickelt. Bei Systemen mit keramischen oder sintermetallischen Filtereinsätzen werden die Filterelemente dem Gehäuse entnommen, nach einem vom Hersteller vorgegebenen Verfahren, in der Regel thermischer Abbrand und/oder Reinigung, von Ruß befreit und können anschließend wieder zum weiteren Betrieb eingesetzt werden. Da dieser Prozess mehrere Stunden dauern kann, bietet es sich an mit Austauschfilterelementen zu arbeiten, um die Stillstandzeit der Maschine möglichst gering zu halten. Zur Kontrolle der Filterbeladung und somit der Anzeige des Wartungsintervalls wird eine integrierte Abgasgegendrucküberwachung genutzt. Die Zeitabstände können je nach Fahrzeug und Einsatzgebiet sehr unterschiedlich sein und müssen darum individuell festgelegt werden.



Abb. 12: Passiver Filter

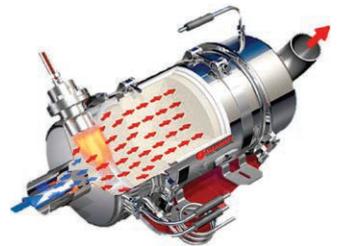


Abb. 13: Aktiver Filter



Abb. 14: Wechselfilter

Regenerationsverfahren im Überblick

Tab. 6: Filtersysteme im Vergleich

System	Vorteile	Nachteile	typische Anwendungsbereiche
„Passive Systeme“	<ul style="list-style-type: none"> Einfache Montage. In der Regel Austausch des Schalldämpfers durch den Partikelfilter. Keine Zusatzenergie durch Diesel oder Elektrik. 	<ul style="list-style-type: none"> Bestimmte Temperaturbereiche im Abgas müssen erreicht werden. Im Vorfeld muss ein Datenlogging erfolgen. Ähnliche Lastprofile sollten angestrebt werden. 	<ul style="list-style-type: none"> Maschinen mit kontinuierlicher mittlerer oder hoher Last. Gleiche Arbeitsbedingungen. Gut bekannte Temperatur- und Lastprofile.
„Aktive Systeme“	<ul style="list-style-type: none"> Unabhängig von Lastprofilen. Ideal für wechselnde Einsätze. Funktioniert auch bei niedrigen Abgastemperaturen. 	<ul style="list-style-type: none"> Aufwändigere Montage. Höherer Anschaffungspreis. Komplexe Systeme. 	<ul style="list-style-type: none"> Alle Maschinentypen. Oft von den Motorherstellern selbst als Lösung bei Neugeräten eingesetzt.
„Wechsel-filter“	<ul style="list-style-type: none"> Einfache Montage. Niedrige Anschaffungskosten. Akzeptable Betriebskosten, wenn keine permanente Nutzung. Einfache Wartung durch externe Regeneration des Filterelements außerhalb der Maschine oder Austausch der Filterkartusche. 	<ul style="list-style-type: none"> Nach ca. 8-50 Arbeitsstunden oder Erreichen des max. Abgasgedrucks muss das Filterelement erneuert oder gereinigt werden. Höherer Aufwand bei konstanter langer Nutzung durch regelmäßigen Tausch oder Reinigung. Austausch- oder Wechselelemente sollten schnell verfügbar sein. 	<ul style="list-style-type: none"> Maschinen mit wenigen Arbeitsstunden oder bei denen eine regelmäßige Wartung in kurzen Zeitabständen akzeptabel ist. Temporärer Einsatz in emissionsrelevanten Bereichen wie Indoor, usw. Leihgeräte.

Die Regeneration sorgt für einen Abbrand des Rußes und senkt somit den Abgasgedruck unter den maximal zulässigen Wert. Die Regeneration kann jedoch keine nicht-brennbaren Substanzen wie Öl-Asche, Silikate (über den Ansaugtrakt eingetreten) oder Feststoffe aus Rückständen der Additiven eliminieren. Regeneration ist daher nicht mit Reinigung zu verwechseln.

Das Anhäufen von nicht-brennbaren Substanzen führt zu einem langsamen, kontinuierlichen Anstieg des Abgasgedrucks. Bei Erreichen eines kritischen Wertes muss eine Filterwartung, d. h. eine Filterreinigung, durchgeführt werden. Meistens erfolgt diese binnen eines Jahres.

3.1.3 Überwachung der Funktion durch Messelektronik (DATALOGGER)

Partikelfiltersysteme sind mit einer elektronischen Kontrolleinrichtung ausgerüstet, die bei Überschreitung des Gegendruck-Grenzwertes einen für den Maschinenbediener deutlich wahrnehmbaren Alarm (Warnlampe im Fahrerhaus) aufleuchten lässt. Vorzugsweise geht dem Hauptalarm ein Voralarm voraus (siehe Tabelle 7 unten), damit Zeit bis zur Filterwartung bleibt. Die Elektronik zeichnet mindestens die Abgastemperatur und den Abgasgegendruck auf.

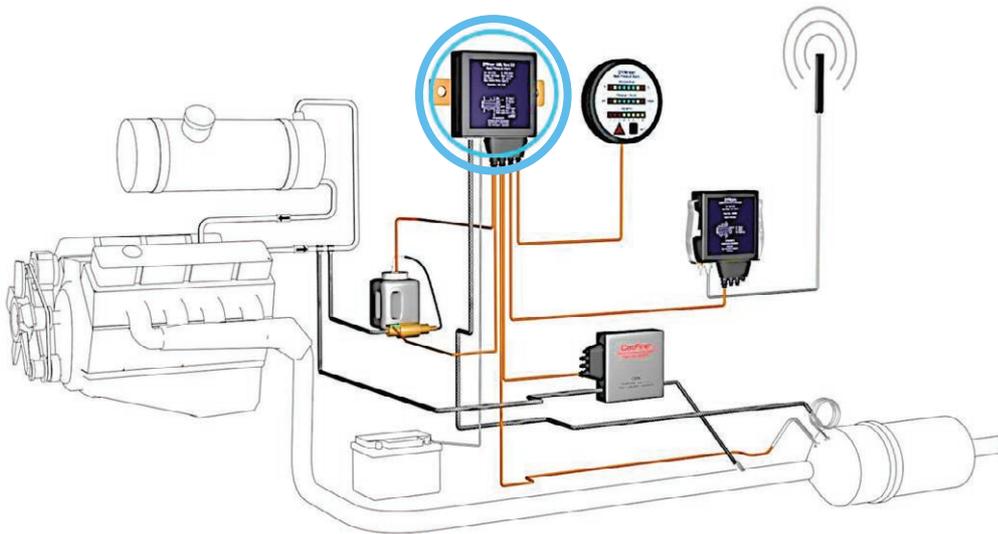


Abb. 15: Beispiel der Elektronikkomponenten in einem eingebauten Partikelfiltersystem
blau = Datenlogger

Zusätzlich zur Elektronik als Steuerung für den Partikelfilter selbst sind Anzeigemodule in verschiedenen anbieterspezifischen Ausführungen möglich. Bei VERT-zertifizierten Filtern müssen diese Komponenten praxiserprobte Mindeststandards erfüllen.



Abb. 16: Elektronik und zwei Anzeigemodule

Abb. 17: LED-Anzeige

Tab. 7: Beispiele für Alarmtypen und Farben der Überwachungselektronik

Alarmtyp	LED-Farbe
Gegendruck-Voralarm	Orange blinkend
Überhöhter Gegendruck	Rot blinkend
Gegendruck zu niedrig (Filter defekt)	Rot blinkend
Temperatursensor vor Vorfilter defekt oder Wackelkontakt	Rot blinkend
Temperatursensor nach Vorfilter defekt	Rot blinkend
Füllstand des Additivs zu niedrig	Rot blinkend
Kundendienst erforderlich	Rot blinkend
Systemstörung: Service sofort nötig	Rot leuchtend



Wenn die Warnlampe rot blinkt bzw. leuchtet, ist unverzüglich ein autorisierter Servicepartner des Herstellers zu informieren! Das Filtermodul könnte aufgrund ungenügender Regeneration überladen sein oder die Filterwartung muss durchgeführt werden.

3.2 Zertifizierungssysteme von Partikelfiltersystemen

Die Zertifizierung von Partikelfiltersystemen dient dazu, entsprechende Qualitätsanforderungen für den Betreiber von Baumaschinen sicherzustellen. Dies gilt insbesondere für die Abscheideraten von Rußpartikeln, aber auch zur Gewährleistung eines sicheren und langlebigen Betriebs. Alle unten aufgeführten Zertifizierungsverfahren und Gütesiegel erfüllen die Vorgaben zum Einsatz auf Berliner Baustellen, unterscheiden sich jedoch in den Prüfverfahren, den Tests von Sekundäremissionen, der Breite der Anwendung und Dauerlaufuntersuchungen.

Im Folgenden finden Sie einen Auszug der jeweils wichtigsten Kriterien.



VERT (Verification of Emission Reduction Technologies - Schweizer Standards):

- VERT hat den Anspruch bestmögliche Technologien zur Partikelminimierung zu fördern und ist ein weltweit anerkannter Standard.
- Die VERT-zugelassenen Systeme sind unter <http://vert-certification.eu/> gelistet.
- Filtersysteme, die in der Schweiz auf der BAFU LRV Filterliste unter: <http://www.bafu.admin.ch/partikelfilterliste/> gelistet sind, sind ebenfalls nach den VERT Standards geprüft.
- Abscheideraten > 98 % der Anzahl der Festpartikel (20-300 nm).
- 2.000 Stunden Dauerlauftest im Feld unter realen Bedingungen.
- Reduzierung aller toxischen Bestandteile.
- Keine Bildung von Sekundäremissionen.
- CO, HC, NO_x, PM dürfen nicht zunehmen.
- NO₂ Erhöhung max. 20 % gegenüber Rohemissionen (ohne Filter).
- „Worst Case“-Test bei max. Raumgeschwindigkeit und unbelegtem Filter.
- Eine einzige Zertifizierung gilt für Kombination mit allen Motoren, falls die zugelassene Raumgeschwindigkeit nicht größer ist.
- Abgasgegendruck < 200 mbar.
- Keine negative Auswirkung auf die Geräuschentwicklung.
- Auswirkungen auf den Kraftstoffverbrauch ≤ 3 %.



Förderkreis Abgasnachbehandlungstechnologien für Dieselmotoren (FAD):

- Der FAD untersucht die Funktionalität von DPF (Dieselpartikelfilter) unter verschiedenen einsatzspezifischen Bedingungen. Bei den Testprozeduren überprüft man die Filtration, Regeneration, Dauerhaltbarkeit, Wartung und On-Board-Diagnose (basierend auf nationalen und internationalen Normen und Richtlinien).
- FAD Filter findet man unter: <http://www.fad-diesel.de/zertifizierte-systeme2>.
- NO₂ Erhöhung max. 20 % gegenüber NO_x Rohemissionen (ohne Filter) im anwendungsspezifischen FAD-Zyklus.
- Partikelminderungsraten für PM > 90 %.
- Schadstoffemissionen NO_x, HC und CO nach DPF-System dürfen nicht mehr als 5 % zunehmen.
- Der Kraftstoffverbrauch wird hinsichtlich seiner Notwendigkeit sowie der wirtschaftlichen Tragbarkeit bewertet.

UNECE-Richtlinie 132 für Nachrüstsysteme:

- Richtlinie der „United Nations Economic Commission for Europe“ (Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen). <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/updates/R132r1e.pdf>
- Für Berlin ist die REC-Richtlinie Stufe 01, Klasse 1 oder 2A/B mit Abscheideraten für die Partikelmasse (PM) mit 90 % und die Partikelanzahl (PN) > 97 % zugelassen.
- 1.000 Std. Dauertestlauf im Feld unter realen Bedingungen.
- NRTC-Testzyklus („Non-Road Transient Cycle“).
- Klasse 1: keine NO₂-Erhöhung, Klasse 2A/B: NO₂-Erhöhung < 20/30 %,
- Auswirkungen auf den Kraftstoffverbrauch max. 4 %.
- 4.000 Std. oder 200.000 km vom Hersteller nachgewiesenes effektives Funktionieren.
- Alle Kombinationen von Filtern mit Motorenfamilien müssen geprüft werden – multiple Zertifizierung.
- Keine negative Auswirkung auf die Geräusentwicklung.



Die UNECE-Richtlinie ist seit Mitte 2014 in der ersten Fassung in Kraft, mit dem Ziel die unterschiedlichen Verfahren zu vereinheitlichen. Seit Anfang 2015 ist die für Berlin maßgebliche Stufe 01 in Kraft. Es wird noch einige Zeit dauern, bis genügend Systeme nach diesem neuesten Verfahren zur Verfügung stehen, um auf dem deutschen Markt eine wichtige Rolle einzunehmen.

Anlage XXVII PMK2 der StVZO:

- Diese Filter sind vom KBA (Kraftfahrtbundesamt) für Deutschland zugelassene Systeme und mit einer KBA-Genehmigungsnummer versehen.
- Diese Anlage befasst sich mit den Maßnahmen gegen die Verunreinigung der Luft durch Partikel von Nutzfahrzeugen sowie von mobilen Maschinen und Geräten mit Dieselmotoren.
- Abscheideraten von geregelten Systemen 90 % der Partikelmasse.
- Auswahl des Familien-Prüfmotors: Der für die Prüfungen ausgewählte Motor sollte aus einer dem späteren Verwendungsbereich entsprechenden Motorenfamilie stammen.
- Kleinstes angewendetes Filtervolumen (VFI) für den gewählten Prüfmotor entsprechend der späteren Verwendung.
- Diese Filterzertifizierung ist für die Nachrüstung von Lkw und Baumaschinen mit Straßenzulassung vorgeschrieben.

3.3 Kosten von Partikelfiltersystemen

Die Anschaffungskosten hängen insbesondere von der Größe des Motors und damit seinem Abgasvolumen und von der gewählten Regenerationsart ab. Es ist ratsam, eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung über die Lebensdauer einschließlich anfallender Betriebs- und Reinigungskosten sowie Ausfallzeiten, z. B. für die Wartung oder Sonderreinigungen durch kritische Abgastemperaturen, zu erstellen.

Anhaltspunkte für Partikelfilterkosten nach Leistungsklassen

Tab. 8: Kostenanhaltspunkte; Quellen: BAFU, IFEU, aurigna consulting Marktbeobachtung

kW-Klasse	Investitionen Partikelfilter- systeme [EURO]	Montage [EURO]	Laufende Kosten pro Jahr	
			Fix Kosten	Wartung Service
			[EURO]	
19 - 37 kW	2.000 - 5.000	800 - 3.000	90	130
38 - 75 kW	3.500 - 7.500		125	350
76 - 130 kW	4.000 - 8.000		150	800
131 - 300 kW	5.000 - 9.000		150	1.000
301 - 560 kW	6.000 - 12.000		150	1.500

Aktive Systeme liegen am oberen Ende der Investitionsskala, passive Systeme eher am unteren. Wechselfiltersysteme und Aufsteckfilter sind nicht betrachtet.

Die betriebswirtschaftlich günstigste Investition hängt nicht allein vom reinen Anschaffungspreis ab, sondern ebenfalls von den Kosten zur Aufrechterhaltung eines sicheren Betriebs, der Wartungs- und Filterreinigungskosten. Werden sehr viele unterschiedliche Systeme eingesetzt, ist zu beachten, dass dies zu erhöhter Lagerhaltung und einer höheren Komplexität für das Bedienpersonal führen kann.

Bei sehr alten Maschinen (> 20 Jahre) sollte überlegt werden, ob es noch sinnvoll ist sie nachzurüsten, oder eine Neuanschaffung eventuell besser wäre.

3.4 Zukunftssicher Investieren

Derzeit ist die Richtlinie 97/68/EC NRMM (Non-Road Mobile Machinery) gültig. Mit Stufe V wird es zu einer neuen EU-Verordnung für NRMM kommen. Dem Entwurf nach sollen ab 2019 schrittweise immer strengere Abgasnormen für neue Baumaschinen in der EU gelten. Die Grenzwerte der unter Kapitel 2.2.1 beschriebenen Abgasemissionen werden also um eine neue Stufe ergänzt. Die Emissionsgrenzen beinhalten erstmals auch Partikelanzahlgrenzwerte und erfordern somit deutlich niedrigere Emissionen von feinen Partikeln, was quasi den Einsatz von geschlossenen Partikelfiltersystemen notwendig macht. Da gerade diese feinen Partikel immer mehr in den Fokus der Nachrüstprogramme rücken, ist zu erwarten, dass der Trend nach geschlossenen Partikelfiltersystemen auch die nächsten Jahre anhalten wird. Sollten Sie heute also die Neuanschaffung einer Maschine der Stufe IIIB oder IV in Erwägung ziehen, können Sie das Risiko zukünftiger Kosten vermeiden, indem Sie sich bestätigen lassen, dass die Maschine bereits über ein geschlossenes Partikelfiltersystem verfügt. Diese Technologie kann nicht grundsätzlich vorausgesetzt werden, da die Einhaltung der momentanen Emissionsstandards oft noch ohne oder mit offenem Partikelfiltersystem gelingt.

Eine Investition in eine Maschine der Stufe IIIB oder Stufe IV ist kein Garant für einen geschlossenen Partikelfilter. Es besteht daher die Gefahr, dass bei einer weiteren Verschärfung der Emissionsrichtlinien, wie in anderen Bundesländern oder Staaten geplant oder bereits erfolgt, diese Maschine später so nicht einsetzbar ist und weitere Kosten für eine Nachrüstung entstehen.

4 Nachrüstung mit Partikelfiltern

4.1 Filterwahl

Grundsätzlich gilt:

Es gibt kein universelles Filtersystem, sondern jede Nachrüstung muss auf die entsprechende Baumaschine mit den jeweiligen Einsatzbedingungen abgestimmt sein, um Funktion und Kosten zu optimieren.

Die wichtigsten Auswahlkriterien sind das Temperaturprofil der Maschine, der zur Verfügung stehende Bauraum und die Größe des Partikelfilters. Die Filtergröße muss entsprechend der Motorgröße und des Abgasvolumens ausgelegt werden, damit der vom Motorhersteller angegebene maximal zulässige Abgasgedruck eingehalten wird.

Je höher die Abgastemperatur der Maschine ist, desto einfacher wird die Regeneration des Rußes auf dem Filter und umso mehr Systeme stehen zur Verfügung. Eine hohe Abgastemperatur ist der Freund des Partikelfilters.

Bei passiven Systemen empfiehlt es sich, über einen Zeitraum von wenigen Wochen für typische Lastprofile die Abgastemperatur der Maschine zu ermitteln und bei wechselnden Einsätzen bei möglichst vielen verschiedenen Betriebsweisen zu messen. Aufgrund dieser Daten kann dann ein für diese Maschine passendes Regenerationssystem gewählt werden. Fast alle Hersteller von passiven Partikelfiltersystemen unterstützen Sie dabei und benötigen diese Daten, um Ihnen ein geeignetes System empfehlen zu können.

Kettenbetriebene Baumaschinen funktionieren in der Regel sicher mit passiven Systemen.

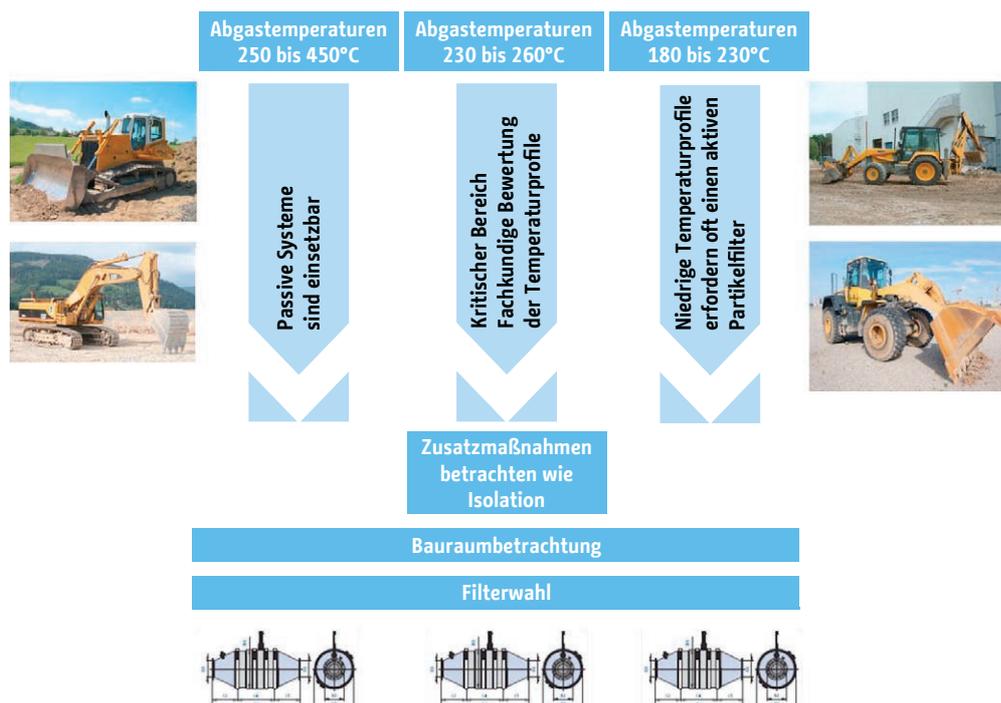


Abb. 18: Vorgehensweise bei Filternachrüstung

4.2 Beschaffung von Filtern

Möchte man eine Maschine mit einem Partikelfiltersystem nachrüsten, sollte man sich zuvor gründlich über die Optionen informieren. Es empfiehlt sich folgendes schrittweises Vorgehen:

Schritt 1: Baumaschinenlieferant kontaktieren

Kontaktieren Sie den Lieferant Ihrer Baumaschinen oder die Servicestelle, und fragen Sie nach freigegebenen Nachrüstlösungen, die die VERT-, FAD-, StVZO- oder UNECE-REC-Anforderungen erfüllen.

Notieren Sie die wichtigsten Maschinendaten.

Schritt 2: Weitere Informationsquellen auswerten

Kann der Baumaschinenlieferant kein Filtersystem liefern, finden Sie unter folgenden Informationsquellen zertifizierte Systeme mit entsprechenden Hinweisen zu den Herstellern:

VERT – <http://vert-certification.eu/>

FAD – <http://www.fad-diesel.de/zertifizierte-systeme2>

Ferner bietet die VERT-Filterliste und die VERT-Datenbank unter der oben genannten Website Adressen von Firmen an, die sich auf Filternachrüstungen spezialisiert haben. Mit diesen Daten können Sie überprüfen, ob eine gleiche oder ähnliche Maschine bereits mit einem Filtersystem nachgerüstet wurde und um welches Filtersystem und welchen Filterhersteller es sich dabei handelt.

Siehe auch Kapitel 6: „Ansprechpartner bei Fragen und Problemen“.

Dem Filterhersteller hilft es zur Auslegung der Systeme, wenn Sie ihm die Schalldämpferersatzteilnummer, Motor- und Maschinendaten im Vorfeld mitteilen können.

Schritt 3: Auswahl des geeigneten Systems für Ihre Maschine und Anwendung

Das Partikelfiltersystem muss nicht nur zur Maschine, sondern auch zu ihrem Einsatzbereich passen: Hat die Maschine eine hauptsächlich niedrige Arbeitsintensität, braucht sie ein anderes Filtersystem als bei überwiegender Betrieb unter Vollast. Der Maschinen- oder Filterlieferant wird Ihnen daher raten, vor der Wahl des Partikelfiltersystems die wichtigen Fragen mit Hilfe eines Datenloggers im Vorfeld abzuklären. Das sogenannte „Pre-Datenlogging“ ist notwendig, um zu prüfen, ob bei passiven Systemen die Temperaturprofile der Maschine zum Einsatz des Partikelfilters passen. Geschieht dies nicht, können später Probleme mit dem Betrieb und Ausfallzeiten entstehen.

Wichtige Aspekte sind:

- Wie ist die Arbeitsintensität: niedrig, hoch, eher konstant oder stark schwankend?
- 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?
- Wie ist die zeitliche Nutzungsdauer: Schichtbetrieb, sporadischer Einsatz?
- Prozentualer Anteil Voll- bzw. Teillast?

Schritt 4: Konformität prüfen

Überprüfung der Einhaltung der Berliner Anforderungen an Partikelfiltersysteme.

Es dürfen nur Partikelfiltersysteme verwendet werden, die zertifiziert sind und mit den Anforderungen der Berliner Verwaltungsvorschrift Beschaffung und Umwelt übereinstimmen.

Siehe Kapitel 5: „Nachweise zur Einhaltung der Umweltstandards“.

Worauf bei der Wahl der Partikelfilter-Lieferanten und der Werkstatt zu achten ist:

- Gibt es erfolgreiche Referenzen zu der Maschine?
- Kann der Lieferant die Abgastrübung messen, um den Motorzustand zu überprüfen?
- In welcher Zeit kann ein Servicetechniker während der Gewährleistungszeit vor Ort sein?
- Hat der Anbieter passive und aktive Systeme im Angebot?
- Wer übernimmt den Einbau des Filters? Gibt es auf den Einbau eine Garantieleistung?
- Kann der Lieferant die entsprechenden Zertifikate der Filtersysteme nachweisen?
- Kann der Lieferant bei einer Einweisung (Inbetriebnahme) unterstützen?
- Bietet der Lieferant einen Abnahmeprozess und ein Protokoll an?
- Bietet der Lieferant ein Reinigungs-/Wartungskonzept und dazugehörige Vorrichtungen und Maschinen an?
- Wie steht es um die Zusammenarbeit mit technischen Prüfstellen?

4.3 Voraussetzungen für einen erfolgreichen Filtereinbau

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

Eine Baumaschine, die nachgerüstet werden soll, muss in einem guten Wartungszustand sein. Es besteht ansonsten erhebliche Gefahr, dass der Filter nicht richtig funktioniert und Schäden an Filter und Motor auftreten.

Als Grundvoraussetzung für eine Partikelfilternachrüstung gilt:

- Ölverbrauch < 0,5 % vom Kraftstoffverbrauch.
- Abgastrübung kontrollieren mit folgenden Richtwerten:
K-WERT < 2 m⁻¹ bei freier Beschleunigung bis Stufe II, bei Stufe III 0,8 bei Stufe IV 0,5
Die Messung kann in der Regel von den Anbietern von Dieselpartikelfiltern durchgeführt werden, da dies im Eigeninteresse der Hersteller liegt, um den reibungslosen Betrieb zu gewährleisten.
- Luftfiltersysteme, Kraftstofffilter und Ölfilter müssen entsprechend den Herstellervorgaben gewechselt werden.

Notwendige Prüfungen vor der Montage des Partikelfilters

1. Prüfung des Dieselmotors

Voraussetzung für den ordnungsgemäßen Betrieb des Partikelfilters ist die korrekte Funktion folgender Komponenten des Dieselmotors (nach den Herstellerangaben):

- Systeme des Dieselmotors auf offensichtliche Schäden prüfen, Leckagen, Rußspuren etc.: Dabei den Motor vorher auf Volllast bringen.
- Ansaugsystem auf Leckagen prüfen
- Luftfilter prüfen und ggf. wechseln
- Turbolader
- Kühlsystem
- Korrekt eingestelltes Ventilspiel
- Erreichen des vorgegeben Kompressionsdrucks
- Abgaswerte

Vor der Montage des Partikelfilters sollten, außer bei Neugeräten, alle oben genannten Funktionen überprüft werden. Falls die Einstellwerte von den Herstellerangaben abweichen, müssen diese korrekt eingestellt bzw. mangelhafte Komponenten gegen Neuteile

ausgetauscht werden. Wird der Partikelfilter mit schadhafte oder nicht korrekten Motor-
komponenten betrieben, kann die Garantie für den Partikelfilter entfallen.

2. Schmierölverbrauch

Der Schmierölverbrauch des Dieselmotors darf nicht über den Herstellerangaben liegen und darf maximal 0,5 % des Dieselmotorkraftstoffverbrauchs betragen. Falls der max. Schmierölverbrauchswert überschritten wird, insbesondere auch während des Maschinen- bzw. Motorbetriebs mit einem schadhafte Abgasturbolader und einer damit verbundenen Öl-leckage in das Abgassystem, kann die Garantie des Partikelfilters entfallen.

3. Prüfung der Abgastrübung

Für eine einwandfreie Funktion des Partikelfilters ist es zwingend erforderlich, dass die Abgastrübung (Partikelemission) des Dieselmotors im Rahmen der vom Hersteller des Dieselmotors genannten Trübungswerte liegt. Deshalb sind vor dem Einbau des Filters die Trübungswerte des Dieselabgases zu prüfen. Sind die Trübungswerte zu hoch, kann der Partikelfilter verstopfen und der Abgasgegendruck vor dem Partikelfilter steigt kontinuierlich an.

4. Prüfung des Dieselmotorkraftstoffes

Der Dieselmotorkraftstoff, der bei einem Dieselmotor mit einem Partikelfilter verwendet wird, muss derzeit gültigen Kraftstoffnormen (EN 590) entsprechen. Bei Verwendung nicht normgerechter Kraftstoffe kann die Garantie des Partikelfilters entfallen, insbesondere wenn Dieselmotorkraftstoffe mit einem Schwefelgehalt von mehr als 50 ppm verwendet werden.

Ist der Einsatz von Biodiesel vorgesehen, sollte dies bei der Auswahl des Systems berücksichtigt werden. In jedem Fall ist der Partikelfilterhersteller darüber im Vorfeld zu informieren.

Sensibilität bei Abgasgegendruck an Stufe IIIA-Motoren

Bei Viertaktmotoren ohne Abgasrückführung sollte der Gegendruck-Grenzwert von 200 mbar nicht überschritten werden. Es sind jedoch die Angaben des Maschinen- bzw. Motorenherstellers zu beachten und einzuhalten.

Viertaktmotoren mit unregelmäßiger Abgasrückführung (oft in der Stufe IIIA-Motoren zu finden) sind erheblich empfindlicher. Bei solchen Motoren muss immer beim Maschinen- oder Motorenhersteller der maximal zulässige Gegendruck erfragt werden. Diese Problematik ist den Filterherstellern bekannt, und das System muss so konfiguriert werden, dass es den zulässigen maximalen Abgasgegendruck nicht überschreitet.

Noch empfindlicher sind Zweitaktmotoren. Hier sind für jeden Einzelfall unbedingt Gegendruck-Grenzwerte mit den Herstellern abzugleichen.⁷

4.4 Praktischer Ablauf einer Partikelfilternachsrüstung

- Motorcheck, Wartungszustand der Maschine. Überprüfung, ob Motor und Maschine für Filtereinbau geeignet sind. Überprüfung der Luftfilter, Abgastrübung und Sichtprüfung
- Ausbau Schalldämpfer
- Einbau Filter
- Funktionstest Filter
- Überprüfung, dass keine zusätzlichen Sicherheitsrisiken entstanden sind (Sichtfeld Einschränkung, Hitzeschutz)
- Gemeinsame Abnahme des Filtersystems vom Filterhersteller und Maschinenbesitzer

⁷ Vgl.: Arbeitsgruppe Baumaschinen 2010 (Hrsg.): Abgaswartung und Kontrolle von Maschinen und Geräten auf Baustellen: Technische Anleitung zur Umsetzung der Luftreinhalteverordnung LRV (s. Literaturverzeichnis).

Genehmigungsverfahren für selbstfahrende Maschinen mit Straßenzulassung

Nach der Anlage XXVII zur StVZO muss eine Betriebserlaubnis für das Partikelminderungssystem und die Einhaltung der Partikelminderungsklassen PMK 2 (Euro I und II → IV) nachgewiesen werden. Ist dies nicht der Fall, hat der mit der Begutachtung beauftragte amtlich anerkannte Sachverständige festzustellen, ob das Kraftfahrzeug den Anforderungen der Partikelminderungsklasse PMK 2 genügt. Es ist darüber eine Einzelabnahme erforderlich, damit das Fahrzeug im Straßenverkehr betrieben werden kann.

Sicherheitsaspekte beim Einbau

Beim Einbau von Filtersystemen muss auf Sicherheitsaspekte für den künftigen Betrieb der Maschine geachtet werden. Es muss sichergestellt werden, dass sich kein zusätzliches Gefahrenpotential ergibt, denn ohne die Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung durch den Arbeitgeber *vor dem Einsatz* der Maschine und ohne die daraus resultierenden Schutzmaßnahmen dürfen Arbeitsmittel nicht verwendet werden. Hierbei sind die Betriebssicherheitsverordnung und das Produktsicherheitsgesetz zu beachten.

Keine Sichteinschränkung

- Partikelfilter müssen so platziert werden, dass die Sicht vom Fahrersitz auf die Maschine und ihre Werkzeuge nicht eingeschränkt wird. Dieses Ziel lässt sich mit der richtigen Platzierung des Filters erreichen z.B. mit einem Einbau anstelle des Schalldämpfers innerhalb der Maschinenabdeckung.

Kann ein Einbau im Sichtfeld nicht vermieden werden, muss der Eigentümer der Maschine als Auftraggeber der Nachrüstung dafür sorgen, dass die Verwendung des Arbeitsmittels nach dem Stand der Technik sicher ist. Dies ist vorrangig mit technischen Maßnahmen wie speziellen Spiegeln oder Kameras zu gewährleisten. Zur Sichtfeldproblematik wird ergänzend auf die Empfehlungen⁸ des Sachgebiets Tiefbau im Fachbereich Bauwesen der DGUV vom 26. März 2015 „Sicht beim Einsatz von Erdbaumaschinen und Walzen“ verwiesen.

Sichthilfsmittel, wie Monitore von Kamera-Monitor-Systemen oder Spiegel, müssen in Blickrichtung des Fahrers bei, d.h. in „Vorwärtsrichtung“ angebracht werden. Sichthilfsmittel dürfen bei der Arbeit nicht durch bewegliche Teile der Maschine, z. B. Baggerarm, beeinträchtigt werden. Spiegel-in-Spiegel-Lösungen sind nicht zulässig, es sind vorzugsweise Kamera-Monitor-Systeme einzusetzen.



Abb. 19: Falsche und richtige Platzierung des Partikelfilters im Vergleich



Abb. 20: Beispiele für zusätzliche Spiegel- und Kameramontierung, Monitor in Führerhaus

⁸ <http://www.bgbau.de/praeuv/fachinformationen/arbeitsmittel/sichtfeld-von-erdbaumaschinen>

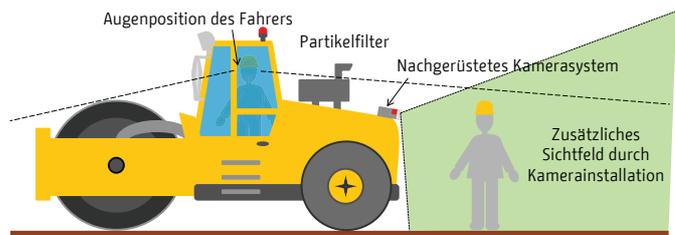
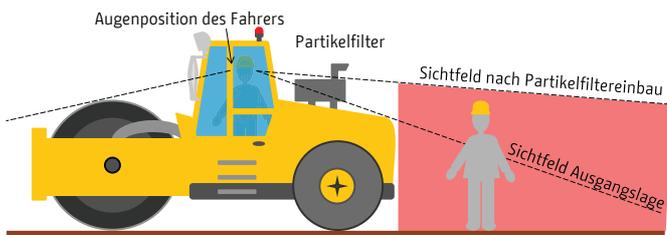


Abb. 21: Sichtfeld eines Baumaschinenfahrers mit und ohne Kamerasystem

■ Hitzeschutz und Isolierung

Vor allem bei aktiver Regeneration kann die Oberflächentemperatur der Gehäuse von Partikelfiltern deutlich höher sein als die vorige Schalldämpferoberflächentemperatur. Es können Temperaturen von über 600 °C auftreten, weshalb je nach Art des Filters und Regenerationsprinzip besondere Isolationsmaßnahmen und Abstände einzuhalten sind.

- Um die an das Partikelfiltersystem angrenzenden Bereiche vor dessen Hitzeentwicklung zu schützen, muss das System (wenn es von mind. zwei Seiten umschlossen ist) mit einer Isolierung ummantelt werden (1).
 - Bei sonstigen Einbausituationen ist ein Hitzeschutz oder ein Berührungsschutz einzusetzen, wenn nicht z. B. Arbeitssicherheits- oder andere Regelungen sowie Besonderheiten (wie z. B. brennbare Stoffe in der Nähe) andere Maßnahmen notwendig machen. Der Nachrüster hat in diesen Fällen in Eigenverantwortung zu entscheiden, ob eine zusätzliche Isolierung erforderlich ist. Als Hitzeschutz kann z. B. Keramfließ (2) verwendet werden.
- Niedrigschmelzende, brennbare oder medienführende Komponenten, wie z. B. Brems- oder Kraftstoffleitungen sowie Hydraulikleitungen, die sich in unmittelbarer Nähe zum Filter befinden, müssen ebenfalls mit einem Hitzeschutz isoliert werden. Auch Manschetten und Lager sind bei einer geringen Entfernung zum Filter vor der Hitzeentwicklung zu schützen.

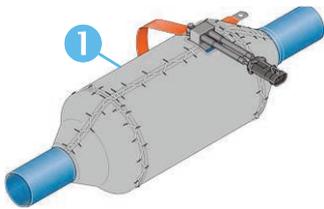


Abb. 22: Ummantelter Partikelfilter

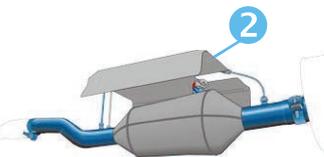


Abb. 23: Hitze- oder Berührungsschutz

- Kabinenschutzaufbauten gegen Überrollen, Umsturz und herabfallende Gegenstände (ROPS/TOPS/FOPS) dürfen bei der Montage, z. B. durch Anbohren und Anschweißen, nicht beschädigt werden.
- Vom Hersteller vorgesehene Notausstiege aus der Fahrerkabine dürfen nicht verbaut werden; Durchstiegsquerschnitte sind freizuhalten.
- Es ist auf eine spannungsfreie Montage und eine solide gasdichte Verbindung zur bestehenden Abgasanlage zu achten.
- Alle Leitungen sollten scheuer- und knickfrei sowie vor Überhitzung geschützt verlegt werden.
- Kabel- und Schlauchleitungen sollten alle 10-15 cm spannungsfrei mit Kabelbindern fixiert sein.
- Zu anderen Bauteilen (z. B. Hydraulikleitungen) sollte genügend Freiraum bestehen.

Besonders zu beachten ist, dass die Nachrüstung Auswirkungen auf die Sicherheit der Baumaschine haben kann. Der Nachrüster muss in diesem Zusammenhang untersuchen, ob sich durch den Einbau von Filtersystemen eine sogenannte wesentliche Veränderung ergibt. Liegt eine wesentliche Veränderung vor, ist die Baumaschine wie eine neue Maschine zu betrachten. Der Eigentümer als Auftraggeber der Nachrüstung wird somit zum Hersteller und muss die Herstellerpflichten gemäß Produktsicherheitsgesetz und Maschinenverordnung erfüllen.

Zusätzliche Erläuterungen zur Maschinenrichtlinie

Eine wesentliche Veränderung der Maschine ist beispielsweise gegeben, wenn nach einem Außenanbau des Partikelfilters eine Sichteinschränkung vorliegt. Damit wird der Eigentümer als Auftraggeber der Nachrüstung zum Hersteller mit allen sich daraus ergebenden Pflichten. In diesen Fällen wird empfohlen, sich rechtlich beraten zu lassen bzgl. der Pflichten und damit verbundenen Rechtsfolgen. In Zweifelsfällen bietet es sich zusätzlich an, die Beurteilung mit Hilfe eines Sachverständigen systematisch nach unten angegebenem Interpretationspapier⁹ vorzunehmen. Die Sichteinschränkung kann mit geeigneten technischen Mitteln beseitigt werden indem vorzugsweise Kameras oder auch zusätzliche Spiegel installiert werden. Spiegel in Spiegel Lösungen sind dabei nicht zulässig.

Keine wesentliche Veränderung der Maschine liegt beispielsweise dann vor, wenn der Partikelfilter innerhalb der Maschinenabdeckungen, meist anstelle des ursprünglichen Schalldämpfers, eingebaut wurde und die ggf. höheren Oberflächentemperaturen des Filters und die vom Motorhersteller vorgegebenen maximalen Abgasgedrücke in der technischen Umsetzung berücksichtigt wurden.

In jedem Fall sollten die Änderungen an der Maschine und der Einbau des Partikelfilters in Form eines Abnahmeprotokolls zwischen Maschinenbetreiber und Nachrüster dokumentiert und den Maschinenpapieren beigelegt werden.

Konformität des Motors und Gewährleistung des Motorenherstellers

Die Vorgaben des Motorenherstellers insbesondere bezüglich Abgasgedruck sind einzuhalten, um die Konformität mit der Typzulassung der Motoren gemäß der Richtlinie 97/68/EG zu erhalten und die Gewährleistung des Motorenherstellers nicht zu verlieren.

Unterweisung des Bedienpersonals der Baumaschinen

Mit dem nachträglichen Einbau eines Partikelfilters werden auch Anzeigemodule in die Fahrerkabine montiert. Es muss sichergestellt werden, dass das Bedienpersonal eingehend und erfolgreich geschult wird, insbesondere wie man sich bei Signalen der Warnlampe (Blinken bzw. permanentes Leuchten) zu verhalten hat. Fragen Sie den Partikelfilterhersteller oder den Nachrüster, ob er Sie dabei unterstützen kann. Die Unterweisung ist zu dokumentieren.

Ggf. Beachtung der rechtlichen Aspekte der Typzulassung des Motors einschließlich der Abgasanlage.

Zeitlicher Ablauf einer Partikelfilternachrüstung

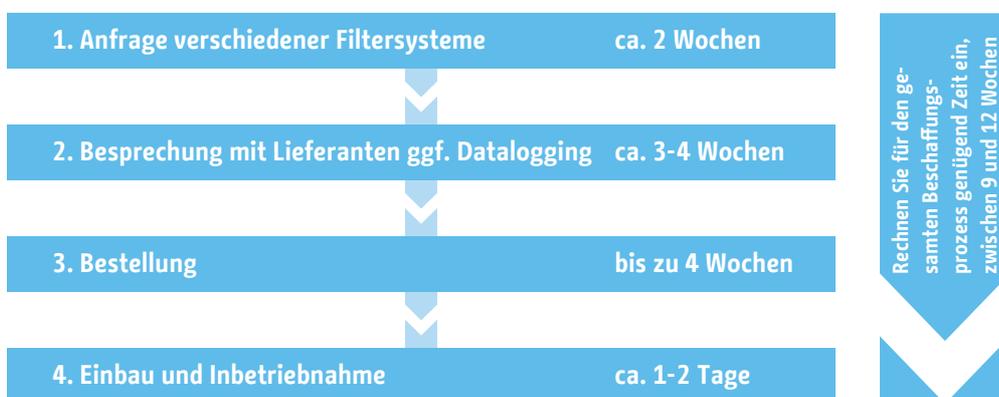


Abb. 24: Zeitlicher Ablauf einer Filternachrüstung

Die hier angegebenen Zeiten sind Erfahrungswerte. Abweichungen nach unten und oben sind möglich, z. B. in Abhängigkeit von Lieferfristen oder Werkstattkapazitäten.

9 Diese Untersuchung erfolgt am besten nach dem Interpretationspapier, das vom Bundesministerium für Arbeit und den Bundesländern veröffentlicht wurde: <http://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/Thema-Arbeitsschutz/interpretationspapier-veraenderung-maschinen.pdf>

4.5 Garantieleistungen der Partikelfilterhersteller

So gut wie alle Partikelfilterlieferanten bieten für ihre Systeme inzwischen eine Gewährleistung von zwei Jahren oder 2.000 Betriebsstunden. Die Gewährleistung beinhaltet die Funktionssicherheit für das gesamte Partikelfiltersystem. Weitergehende Garantievereinbarungen müssen zwischen Lieferant und Kunden gesondert getroffen werden. Vorstellbar ist eine Rücknahmeverpflichtung, falls das System nicht funktioniert. Vertraglich vereinbarte Service-Reaktionszeiten, z. B. die Reparatur oder der Austausch vor Ort innerhalb eines Tages, sind Möglichkeiten, um Stillstandzeiten wegen Filterproblemen zu minimieren.

4.6 Kontrolle und Wartung

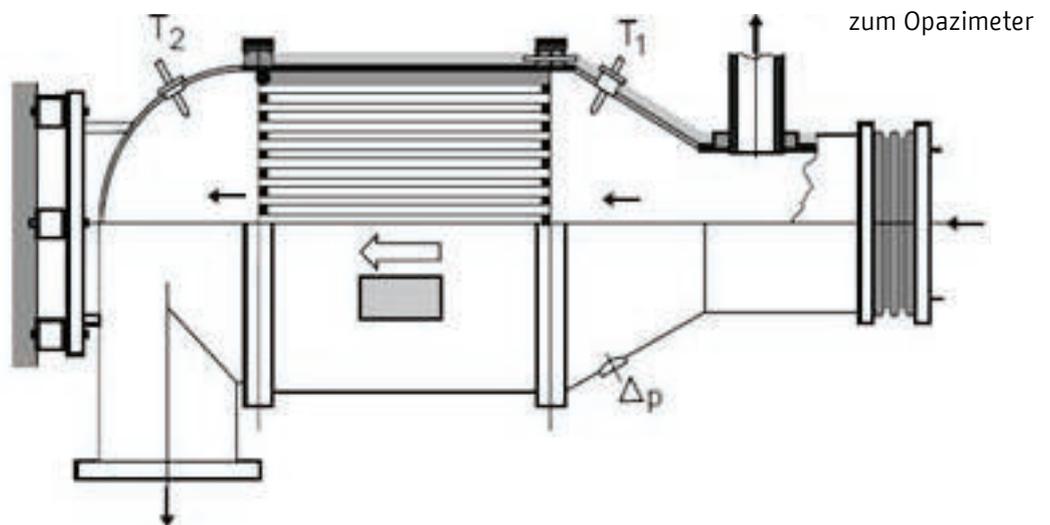
Abgaswartung – gestuftes Vorgehen

Um die Wirkweise des Filters sicherzustellen, wird empfohlen, ein Abnahmeprotokoll zu erstellen. Dabei sollte auch eine Abgasmessung vor und nach Filtereinbau durchgeführt werden.

Es wird empfohlen, nach Filtereinbau und alle 12 Monate (ggf. im Rahmen der generellen Maschinenwartung) eine Abgasmessung durchzuführen, um im Falle einer Gewährleistung oder Reklamation gesicherte Daten zur Verfügung zu haben.

Ist eine Abgasmessstelle vor dem Filter vorhanden (T1), empfiehlt es sich neben der Messung nach dem Filter (T2) zur Kontrolle der Motorrohmissionen auch vor dem Filter bei T1 zu messen.

Abb. 25: Abgasmessstellen an einem Partikelfilter



Abgasdruck

Partikelfilter können im Neuzustand einen geringfügig höheren oder niedrigeren Gegendruck erzeugen als die Schalldämpfer, die sie ersetzen. Dieser Gegendruck steigt aber durch die Beladung mit Ruß und Asche, wobei ab einem bestimmten Beladungszustand sogar mit einem progressiven Anstieg zu rechnen ist – der Filter beginnt dann zu verblocken. Der Gegendruck muss vom Motor überwunden werden, was beim maximal zulässigen Gegendruck dann zu einer Leistungsminderung und einem Verbrauchsanstieg von etwa 2 % führt. Gleichzeitig beginnen die Bauteiltemperaturen leicht zu steigen, der Stickoxidgehalt des Abgases nimmt durch Abgasrückhaltung ab, ebenso der Sauerstoffgehalt, CO- und Rußgehalt nehmen zu. Aufgeladene Motoren sind dabei empfindlicher als Saugmotoren.

Diese negativen Effekte verstärken sich bei höheren Gegendrücken, der Druckanstieg muss daher überwacht und begrenzt werden, um eine Überhitzung des Motors und damit die Gefahr einer Beschädigung des Motors, aber auch das Risiko einer Überbelastung des Filters mit nachfolgend unkontrollierbarer Wärmefreisetzung zu vermeiden.

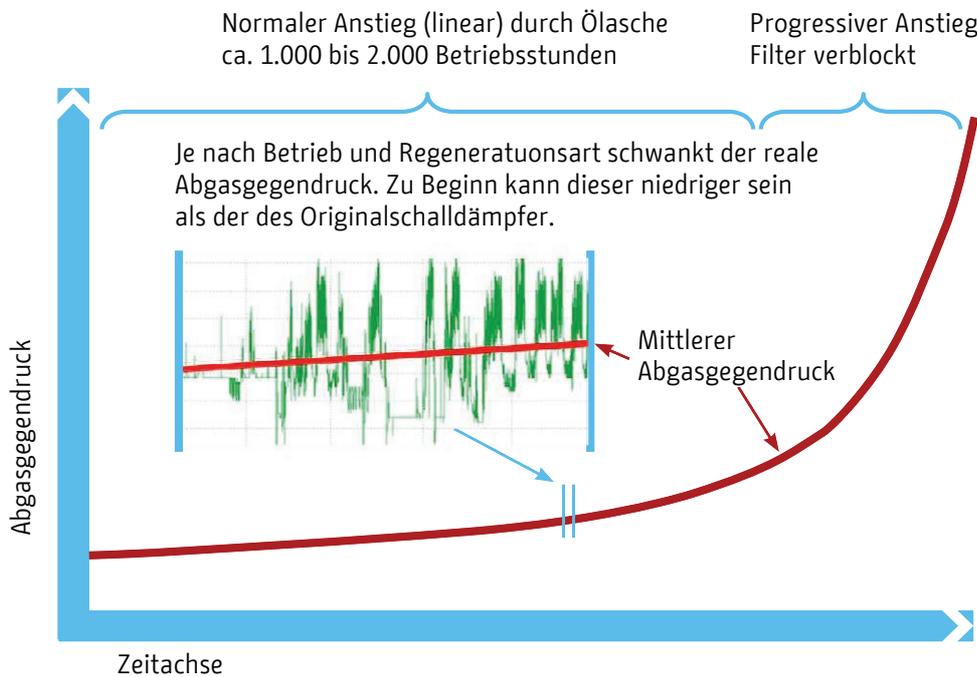


Abb. 26: Abgasgegendruck einer Baumaschine mit Partikelfilter

Empfehlung zur Sicherstellung der Qualität

- Messung der Rohemissionen vor dem Partikelfiltersystem:
Vor der Ausrüstung einer Baumaschine mit einem Partikelfiltersystem sind die Rohemissionen des Dieselmotors zu messen.
- Regelmäßige Abgaswartung – 1x jährlich im Rahmen der allgemeinen Wartung

Messung der Abgastrübung bei der freien Beschleunigung:

Die Abgasmessung von Baumaschinen mit Dieselmotoren erfolgt als Spitzenwert der Abgastrübung bei freier Beschleunigung. Die Messung ist mit einem geeichten Trübungsmessgerät gemäß VAMV (Verordnung über Abgasmessmittel für Verbrennungsmotoren) durchzuführen.

Achtung: Typische Erkennungsmerkmale, die auf Fehler am Motor hindeuten, wie Weißrauch, blauer Rauch oder starker Ruß, können nach Einbau des Filters nicht mehr wahrgenommen werden, da der Partikelfilter diese Effekte eliminiert.

Die regelmäßige Überprüfung des Motors muss darum „vor Filter“ geschehen. Nach VERT zertifizierte Filtersysteme verfügen über eine entsprechende Messstelle zur Überprüfung der Rohemissionen des Motors.



Abb. 27: Verblockter DPF



Abb. 28: Gut gereinigter Filter



Abb. 29: Beispiel einer modernen Filterreinigungsanlage



Abb. 30: Reinigung des Filters mit Hilfe eines Hochdruckwasserstrahls

4.7 Reinigung und Ascheentsorgung des Filters

Partikelfiltersysteme scheiden neben Rußpartikeln auch alle anderen Feststoffpartikel ab. Dabei handelt es sich um Metalloxidpartikel aus motorischem Abrieb und aus Schmierölzusätzen sowie um Additivpartikel und um mineralische Stäube aus der Außenluft, die den Ansaugluftfilter des Motors passieren konnten. Im Gegensatz zum Ruß werden diese anderen Feststoffpartikel beim Regenerationsprozess nicht in unschädliche Gase umgesetzt, sondern verbleiben im Filter und verstopfen (verblocken) ihn allmählich, wenn der Filter nicht regelmäßig gereinigt wird. Eine Reinigung muss immer dann erfolgen, wenn der jeweilige Grenzwert des Gegendruckes erreicht ist, z. B. bei 200 mbar. Bei gut gewarteten Motoren ist damit nach 750 bis 2.000 Betriebsstunden zu rechnen.

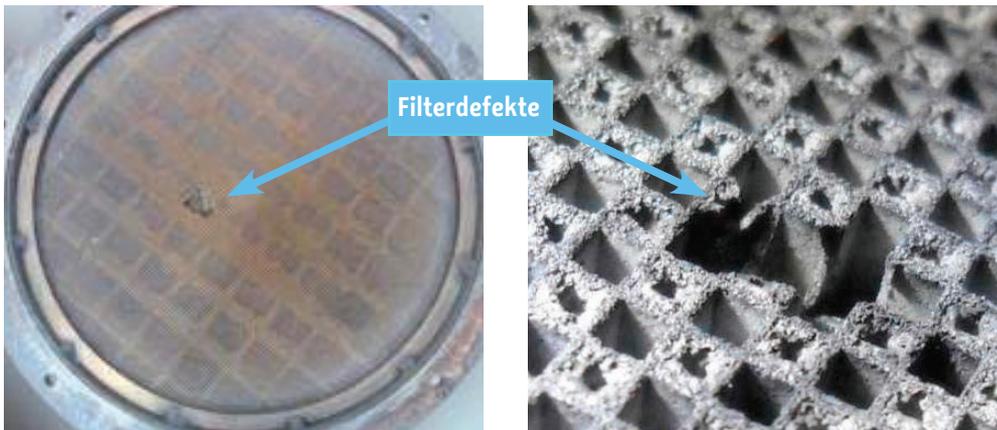
Es ist sehr ratsam, auf aschearme Öle umzustellen (sogenannte „Low SAPS oils“), um die Asche im Filter selbst zu minimieren. Dabei ist zu beachten, dass diese Öle von Maschinen oder Motorenhersteller freigegeben sind.

Im Normalfall ist der Reinigungsprozess zweistufig: 1. Ausbrennen des Rußes in einem Ofen und 2. Ausblasen oder Auswaschen der Asche, z.B. in einer automatischen Vorrichtung oder mit Hilfe einer speziellen Halterung.

Bei der Reinigung des Filters ist Folgendes zu beachten:

- Da es eine große Anzahl verschiedener Filter mit unterschiedlichen Eigenschaften gibt, ist das Vorgehen für eine sachgerechte Reinigung durch den Filterlieferanten festzulegen.
- Beim Ausblasen des Filters mit Pressluft wird oft nur wenig Staub ausgetragen. Ein Filter kann darum durch Ausblasen nicht wirklich vollständig gereinigt werden. Es besteht zudem erhebliche Gefahr für die Mitarbeiter, da einfache Atemschutzmasken die freigesetzten feinen Partikel nicht effizient zurückhalten.
- In modernen Filter-Reinigungsmaschinen wird Luft mit extrem hoher Geschwindigkeit in die Kanäle der Filtermatrix geleitet. Der hierdurch erzielte Impuls wirkt auch noch am Ende des Filterkanals und löst selbst hartnäckige Asche-Stopfen. Damit wird eine mehr als 99-prozentige Reinigungseffizienz erreicht. Nach der Reinigung steht wieder die gesamte Kanallänge wie bei einem Neufilter zur Verfügung. Die katalytische Beschichtung bleibt geschützt, dennoch werden Asche-Ablagerungen gründlich entfernt.
- Bei Sintermetallfiltern ist – sofern vom Hersteller zugelassen – auch ein Auswaschen von Ruß und Asche mit einem handelsüblichen Hochdruckreiniger möglich. Dies muss über einem Ölabscheider erfolgen und die aufgewirbelten Tröpfchen sollten nicht eingeatmet werden.
- Aus Gründen des Gesundheitsschutzes ist es verboten, einen Partikelfilter in umgekehrter Strömungsrichtung (entgegen der Pfeilrichtung) in Betrieb zu nehmen. Dies sollte durch konstruktive Mittel am Filtersystem auch nicht möglich sein.
- Die Filterreinigung wird von dafür spezialisierten Firmen auch als Service angeboten und kann dementsprechend extern durchgeführt werden. Für die Zeit der Filterreinigung kann ein Ersatzfilterelement eingesetzt werden.

Achtung: Unsachgemäße Reinigung von Filtern kann zu Beschädigungen am Filter führen, so dass der Filter ersetzt werden muss.



links – Abb. 31: Beschädigter Filter
rechts – Abb. 32: Beschädigtes Substrat

Asche- und Reststoffentsorgung

Die Asche- und Reststoffe können gegen Gebühr von der beauftragten Reinigungsfirma oder vom Maschinenbetreiber selbst entsorgt werden. Sie zählen zu den „gefährlichen Abfällen“ nach §3 Abs. 5 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) und müssen dementsprechend behandelt werden. (Weitere Informationen zur Berliner Sonderabfallwirtschaft: www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/abfallwirtschaft/de/sonderabfall/)

Es gibt Dienstleister, die den Service der kompletten Reinigung und Entsorgung übernehmen. Ansprechpartner dazu ist der entsprechende Lieferant des Partikelfilters. Müssen in einem Unternehmen viele Maschinen mit Filter gewartet werden, kann sich die Investition in eine eigene Reinigungsanlage lohnen.

4.8 Finanzierungsmöglichkeiten

Zur Finanzierung der Nachrüstung bzw. Neuanschaffung von Baumaschinen stehen verschiedenen Möglichkeiten zur Verfügung. Nähere Informationen dazu finden Sie unter: www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/

5 Nachweise zur Einhaltung der Umweltstandards

Die folgende Darstellung gibt einen Überblick über die Möglichkeiten für den Nachweis der Einhaltung der Umweltstandards der Berliner Verwaltungsvorschrift Beschaffung und Umwelt (VwVBU) im Rahmen öffentlicher Bauaufträge der unmittelbaren und mittelbaren Landesverwaltung Berlin. Die genauen Vorgaben sind jeweils im Rahmen des Vergabeverfahrens zu klären. In anderen Bundesländern mit Umweltstandards für Baumaschinen bei öffentlichen Bauaufträgen können auch andere Nachweise gefordert werden.

Aktuelle Informationen und Formulare für Berlin werden unter www.berlin.de/baumaschinen-partikelfilter veröffentlicht.

5.1 Berücksichtigung der Beschaffungsbeschränkungen im Vergabeverfahren

Bestandteil der Ausschreibungsunterlagen sind in Berlin stets auch „Besondere Vertragsbedingungen“, u. a. die Besonderen Vertragsbedingungen „Umweltschutzanforderungen/Beschaffungsbeschränkungen“. Mit der Abgabe eines Angebots verpflichtet sich so der Bieter zur Einhaltung aller Vorgaben der Berliner Verwaltungsvorschrift Beschaffung und Umwelt (VwVBU) und damit auch zur Einhaltung der Beschaffungsbeschränkungen für den Einsatz von Baumaschinen bei der Erbringung von Bauleistungen. Ein gesonderter Nachweis ist in diesem Stadium nicht erforderlich.

5.2 Nachweis beim Einsatz der Baumaschine auf der Baustellen

- (1) Vor Beginn der Auftragsdurchführung ist dem Auftraggeber und der Bauleitung eine **Maschinenliste** vorzulegen. In der Liste ist für jede Maschine, die auf der Baustelle eingesetzt werden soll, die Art der Maschine, die Motorgröße, der Abgasstandard gemäß Typenschild und soweit vorhanden die Ausrüstung mit einem Partikelfilter zu dokumentieren.
- (2) Für den Nachweis auf der Baustelle ist die Maschine entweder mit einer Plakette nach (3) oder (4) zu kennzeichnen oder es ist für jede Maschine ein **technisches Datenblatt** ausgefüllt bereitzuhalten sowie in Kopie der Bauleitung zu übergeben. Die darin enthaltenen technischen Angaben müssen durch Vorlage geeigneter Dokumente nachgewiesen werden, z. B. durch den Lieferschein der Maschine, Herstellerbescheinigungen, Zertifikate der Partikelfilter oder Bescheinigungen technischer Prüfstellen.
- (3) Bei Kraftfahrzeugen oder für den Straßenverkehr zugelassenen selbstfahrenden Arbeitsmaschinen erfolgt der Nachweis der Einhaltung durch die Kennzeichnung gemäß § 3 der 35. BImSchV mit einer **grünen Plakette** oder durch die **Bestätigung der Einhaltung der Kriterien der Schadstoffgruppe 4** (35. BImSchV) seitens einer technischen Prüfstelle für den Kraftfahrzeugverkehr.
- (4) Für eine Nachweisführung ohne Papiere plant das Land Berlin, eine Möglichkeit zur Kennzeichnung von Baumaschinen nach ihrem Abgasverhalten mit einer farbigen Plakette zu schaffen. Für gekennzeichnete Maschinen entfallen dann Nachweise nach (2).

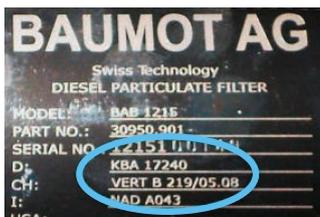


Abb. 33: Filtertypenschild



Abb. 34: Grüne Plakette

6 Ansprechpartner bei Fragen und Problemen

Berliner Senatsverwaltung für Umwelt

Die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin betreibt eine Website zum Thema Partikelfilternachschrüstung an mobilen Baumaschinen sowie ein FAQ-Portal zum Thema selbstfahrende Arbeits- und Baumaschinen. Informationen zu Umweltstandards, Dieselpartikelfiltern und Nachschrüstung sowie Kontaktangaben zu Ansprechpartnern in der Verwaltung finden Sie unter:

www.berlin.de/baumaschinen-partikelfilter

Berliner Beratungsprojekt „Emissionsarme Baumaschinen für Baustellen der öffentlichen Hand“

Um Bauunternehmen und Baumaschinenbetreiber während der Einführungsphase der neuen Umweltstandards zu unterstützen, hat die Senatsverwaltung ein Beratungsprojekt initiiert. Beauftragt wurde als Ergebnis einer Ausschreibung die aurigna consulting GmbH. Ihr Berater, Herr Volker Hensel, hat langjährige Erfahrung mit der Partikelfilternachschrüstung in der Schweiz sammeln können. Ziel ist eine herstellerunabhängige Beratung zu Fragen der Partikelfilternachschrüstung.

Angeboten werden in dem Projekt:

■ Telefon- und E-Mail-Beratung zum Thema Nachschrüstung von Baumaschinen

Die aurigna consulting GmbH bietet werktags (Mo. – Fr.) von 09:30 – 18:00 Uhr eine persönliche Beratung zum Thema Umweltstandards, Dieselpartikelfilter und Nachschrüstung von selbstfahrenden Arbeitsmaschinen und Baumaschinen an.

Tel.: 06221 430 73 95 oder E-Mail: info@aurigna.com

■ Vorort-Beratung durch die aurigna consulting GmbH

Termine zur Vorort-Beratung können unter folgender Telefonnummer vereinbart werden: Tel.: 06221 430 73 95 oder per E-Mail unter: info@aurigna.com

Auf Wunsch und nach entsprechender fachlicher Prüfung kann aurigna eine Bescheinigung über die Einhaltung der Umweltstandards ausstellen.

Die Beratungsleistung ist für den Maschinenbetreiber kostenlos.

Die Beratungsleistung inklusive Fahrtkosten ist für den Maschinenbetreiber kostenlos.

Weitere Informationsangebote

VERT-Association

Die VERT-Association bietet auf ihrer Webseite zahlreiche Informationen zum Thema Partikelfilternachschrüstung. Außerdem ist dort eine umfassende Datenbank mit bereits nachgerüsteten Fahrzeugen und Maschinen angelegt. Über die VERT-Filter-Liste können Sie sich darüber informieren, welche Filtersysteme in Berlin eingesetzt werden dürfen und welche Hersteller diese liefern können.

www.vert-dpf.eu

FAD e.V.

Der Förderkreis Abgasnachbehandlungstechnologien für Dieselmotoren (FAD) e.V. bietet auf seiner Webseite umfangreiche Informationen zu den Themen Abgasnachbehandlung, Umweltstandards und Abgasprüfungssysteme.

www.fad-diesel.de

7 Anhang

7.1 Empfehlungen

10 gute Tipps zur erfolgreichen Nachrüstung und zum Betrieb eines Partikelfiltersystems

TIPP 1

Lassen Sie vor der Montage des Filters einen Motorenservice durchführen: Ventile einstellen, Luftfilter, Öl und Ölfilter wechseln.

TIPP 2

Filter isolieren.

Oft ist es nötig, den Filter zu isolieren, um nahe temperatursensible Teile zu schützen. Die Isolierung hilft außerdem die Wärme zu halten. Je mehr Wärme im Partikelfiltersystem verbleibt, umso besser funktioniert es.

TIPP 3

Einbau des Filters in Motorenähe.

Achten Sie darauf, dass der Filter bei passiven Systemen möglichst nahe beim Motor eingebaut wird. Die Filterregeneration benötigt hohe Abgastemperaturen; mit der Distanz zum Motor nehmen diese ab.

Um Unfälle zu vermeiden achten Sie besonders auf die Hinweise zur Sicherheit unter 4.4. und vermeiden Sie Sichtfeldeinschränkungen durch den Partikelfilter.

TIPP 4

Überwachungssystem (Displays) gut sichtbar einbauen.

Jede Maschine braucht ein Filterüberwachungssystem mit Warnanzeigen im Sichtbereich des Fahrers. Dieser Datenlogger mit Druck- und Alarmanzeige misst Abgasgegendruck, Temperatur und ggf. weitere Parameter wie Motorendrehzahl, speichert die Daten und löst ggf. ein Warnsignal in der Fahrerkabine aus.

TIPP 5

Stellen Sie Ihre Maschine auf Motorenöl mit niedrigem Aschegehalt um („low SAPS“). Das wird die Wartungs- und Reinigungsintervalle deutlich erhöhen und hilft Ihnen so Kosten zu sparen.

TIPP 6

Verantwortlichkeit bestimmen.

Bestimmen Sie eine Person, die für die Partikelfiltersysteme zuständig ist, beispielsweise einen Polier, einen Maschinisten oder einen Vorarbeiter.

TIPP 7

Schriftlich dokumentierte Unterweisung.

Sorgen Sie für eine gründliche Unterweisung und Motivation der Fahrzeugführer und des Werkstattpersonals, um einen optimalen Betrieb der Partikelfilter sicherzustellen. Einführungskurse bieten Filterlieferanten in der Regel an.

TIPP 8

Warnlampen und Anzeigen sind immer zu beachten, und die nötigen Maßnahmen sind zu treffen. Weisen Sie unbedingt jeden Fahrer oder Benutzer der Maschine darauf hin. Dies hilft Ihnen, unnötige Service- und Ersatzteilkosten zu vermeiden. Die Alarmgrenzen sind so eingestellt, dass durch ein rechtzeitiges Reagieren Schäden vermieden werden können.

TIPP 9

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

TIPP 10

Wartung durchführen.

Sorgen Sie für eine sorgfältige, termingerechte und vorschriftsgemäße Wartung des Filtersystems. Auch der Motor muss regelmäßig gewartet werden.

Achtung: Offensichtliche Einstellungs- und Wartungsprobleme des Motors selbst werden Sie kaum noch direkt an den Abgasen erkennen können, da blauer Rauch und Ruß den Filter in der Regel nicht passieren können. Es empfiehlt sich, regelmäßig eine Opazitätsmessung jeweils vor und nach dem Filter durchzuführen.

7.2 Probleme, Ursachen und Lösungsansätze

Tab. 8: Problem-, Ursachen- und Lösungsübersicht

Problem	Ursache	Lösung
Unvollständige Regeneration	Zu tiefe Abgastemperatur	Vollständige Abklärungen (Temperaturmessung)
	Ungeeignetes Regenerationssystem	VERT-Liste, Fachberatung
Filterbruch	nicht/unzureichend vibrationsentkoppelt montiert und/oder Quellmattenschäden verursacht durch Waschen bei der Filterreinigung	Ausreichende Entkoppelung von Motor und Chassis; Filter nach Reinigungsvorschriften des Lieferanten waschen.
Filterdurchbruch	Filterüberladung (siehe Einwegfilter)	Rechtzeitiger Filterwechsel durch Gegendruckkontrolle
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.

Problem	Ursache	Lösung
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. (Undichtigkeit zwischen Filterelement und Außenhülle)	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, Balgentskopplung.
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.
	Graffitiierung 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.
Regenerationsintervall wird immer kürzer.	Vermehrte Ascheeinlagerung.	Filter reinigen.
	Rohemission stark erhöht.	Motor kontrollieren.
	Regeneration unvollständig.	Regeneration überprüfen.

Problem	Ursache	Lösung
Druck nach Reinigung nicht vermindert.	Verkokung 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 Öl- oder Kohlenwasserstoffablagerung auf der Reinseite durch Überlastung oder Schaden plus viele unverbrannte Kohlenwasserstoffe.	Filterelement ersetzen.
		Regeneration überprüfen.
		Motorrohmission überprüfen, Düsen kontrollieren.
Temperatur nach Filter ungewöhnlich hoch.	Unkontrollierte Regeneration mit zu hohen Rußmengen.	Druckkontrolle überprüfen.
		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.
		Filter vorheizen.
Blaurauch.	Hoher Ölverbrauch bei Motor oder Turbolader.	Motor kontrollieren.
Rußablagerung im Auspuff.	Beginnender Filterschaden.	Opazität messen.

7.3 Checkliste

7.3.1 Beispielcheckliste – Prüfung vor Montage des Partikelfilters

Zu Prüfen:	Resultat der Prüfung
Dieselmotor (Kompression, Einspritzsystem, Ventilspiel)	
Luftfilter / Ansaugsystem	
Turbolader (Dichtigkeit)	
Kühlsystem	
Betriebsstunden / Baujahr des Dieselmotors	Stunden Baujahr
Serien-Nr. Dieselmotor	
Serien-Nr. Fahrzeug	
Nenn Drehzahl (max. Drehzahl)	
Ölverbrauch (max. 0,5% vom Dieselmotorverbrauch)	
Abgastrübung bei Beschleunigung	K-Wert bei Beschleunigung oder Bosch-Wert bei Beschleunigung
Schwefelgehalt Dieseldieselkraftstoff	Ppm Schwefel
Additiv im Diesel?	Wenn ja, welche Bezeichnung?

7.3.2 Beispielcheckliste – Prüfung nach Montage des Partikelfilters

Zu prüfen:	Resultat der Prüfung:
Dichtheit der Gegendruckleitung (Manometeranzeige)	
Aufleuchten der Warnleuchte über 250 mbar Gegendruck (länger als 10 Sekunden)	
Einschalten des Signaltons über 250 mbar Gegendruck (länger als 10 Sekunden)	
Gegendruckwert bei Vollast Anzeigewert Display/Manometer	mbar
Abgastrübung bei Beschleunigung (nach Partikelfilter)	K-Wert bei Beschleunigung oder Bosch- Wert bei Beschleunigung

7.3.3 Beispiel eines Abnahmeprotokolls

Protokoll der Partikelfilter-Abnahmemessung

(so genanntes VERT-Abnahmeprotokoll bzw. ehemaliges AKPF-Zertifikat)

Partikelfilter	
*Hersteller (Marke)	
*Anzahl	
*Typ	
*Identifikation (z.B. Ersatzteilnr., nicht Seriennr.)	
Nummer der Konformitätsbescheinigung (gemäss BAFU-Filterliste)	
Einbaudatum	
Datenlogger	
Typ	
Additivdosieranlage	
Typ	
Fahrzeug / Gerät	
Kategorie (Baumaschine, Bus, LKW)	
Hersteller	
Typ	
Baujahr	
Fahrgestellnummer	
Motor	
Hersteller	
Typ	
Baujahr	
Nennleistung [kW] gemäss Baumaschinenschild	
Betriebsstunden oder km-Stand bei Filtereinbau	
Abnahmemessung ohne Filter	
Abgastrübung K-Wert [1/m] bei freier Beschleunigung	
Lärmmessung [dBA] im Nahfeld 45°/0.5 m bei Motordrehzahl n [1/min]	
Abnahmemessung mit Filter	
Abgastrübung K-Wert [1/m] bei freier Beschleunigung	
Lärmmessung [dBA] im Nahfeld 45°/0.5 m bei Motordrehzahl [1/min]	
Filtergegendruck [mbar] bei Motordrehzahl [1/min] und Last [%]	
Opazimeter	
Hersteller	
Typ	
Lärmmessgerät	
Hersteller	
Typ	
Prüfung	
Prüfdatum	
Prüfstelle	
Nachrüf Firma -Stempel	
Datum/Unterschrift des PFS-Nachrüsters	

* Diese Angaben sind im Fahrzeugausweis einzutragen. Ändern im Fahrzeugausweis eingetragene Angaben (z.B. beim Ersatz eines PFS), ist dies der Zulassungsbehörde zu melden.

Bitte beachten Sie:

- Das Original ist vom Fahrzeughalter aufzubewahren.
- Zum Eintrag des PFS in den Fahrzeugausweis ist eine Kopie des vollständig ausgefüllten und unterzeichneten Formulars zusammen mit dem Fahrzeugausweis an das kantonale Strassenverkehrsamt einzureichen.
- Für die Qualitätssicherung (Marktüberwachung) des Bundes ist eine Kopie des Dokumentes an das BAFU einzureichen: per E-Mail luftreinhaltung@bafu.admin.ch oder per Fax: +41 31 324 01 37.

7.4 Informationsmaterial und Gesetzesgebungen

Technische Anleitung zur Abgaswartung und Kontrolle des VSBM

Seit 1934 vertritt der VSBM (Verband der Schweizer Baumaschinenwirtschaft) die Interessen des Baumaschinenhandels in der Schweiz. Die 66 Mitgliedsfirmen setzen sich unter anderem für die Sicherheit der Geräte und den Abbau technischer Handelshemmnisse ein.

http://www.vsbm.ch/fileadmin/vsbm/dokumente/LRV-Empfehlung_d.pdf

Freie Sicht – auch mit Partikelfilter der SUVA

Technische Lösungen zur Verhütung von Unfällen mit Baumaschinen

Direkt zur PDF:

<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01730/index.html?lang=de@download=NHZLpZig7t,Inp6I0NTU042I2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2YUq2Z26gpJCHdX94fGym162dpYbUzd,Gpd6emK2Oz9aGodetmqaN19XI2IdvoaCVZ,s-.pdf>

oder zu finden unter: <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01730/>

Oft müssen Baumaschinen nachträglich mit einem Partikelfilter ausgerüstet werden. Dabei können die Aufbauten solcher Filter die Sicht des Maschinenführers einschränken und dadurch die Sicherheit beeinträchtigen. Um dies zu vermeiden, müssen Partikelfilter so platziert werden, dass die Sicht vom Fahrersitz auf die Maschine und ihre Werkzeuge nicht oder so wenig wie möglich eingeschränkt wird.

Bei gewissen Maschinen kann die Arbeitssicherheit jedoch nur mit technischen Maßnahmen wie speziellen Spiegeln oder Kameras gewährleistet werden. Die Publikation zeigt anhand von Beispielen, wo die Probleme liegen und wie sich diese lösen lassen.

Auskünfte unter Tel. 041 419 50 49

Bestellungen unter www.suva.ch/waswo

Fax 041 419 59 17

Tel. 041 419 58 51

Kamera-Monitor-Systeme

Sinnvolles und sicheres Nachrüsten – Tipps zum Einbau von Kamera-Monitor-Systemen (KMS) an mobilen Baumaschinen (INQA-Bauen Netzwerk Baumaschinen)

Direkt zu PDF:

http://www.inqa.de/SharedDocs/PDFs/DE/Publikationen/kamera-monitor-systeme.pdf?__blob=publicationFile

Earth-moving machinery – Operator’s field of view – Test method and performance criteria

INTERNATIONAL STANDARD ISO 5006

http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=38579

Abgaswartung und Kontrolle von Maschinen und Geräten auf Baustellen

Diese technische Anleitung aus der Schweiz beschreibt detailliert eine gute Praxis zur Durchführung von Abgaswartung und Kontrolle bei Baumaschinen und Geräten. Sie wurde von der Arbeitsgruppe Baumaschinen in Zusammenarbeit von BAFU, ASTRA, Cercl’Air, VSBM, Schweizer Partikelfilter Verband und einer Reihe von Fachleuten aus der Praxis erstellt. Die Anleitung erleichtert einen einheitlichen Vollzug durch die Behörden/Kantone und dient den Gerätebetreibern als Grundlage zur korrekten Überwachung der motorischen Emissionen sowie der Funktionstüchtigkeit von Abgasnachbehandlungssystemen wie z. B. Partikelfilter.

<http://www.bafu.admin.ch/luft/11025/11027/11330/>

Gesetz über die Bereitstellung von Produkten auf dem Markt (Produktsicherheitsgesetz – ProdSG)

www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/prodsg_2011/gesamt.pdf

Neunte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Maschinenverordnung) (9. ProdSV)

www.gesetze-im-internet.de/gsgv_9/

Betriebsicherheitsverordnung (BetrSichV)

www.bmas.de/DE/Service/Gesetze/betrsv.html

Maschinenrichtlinie Richtlinie 2006/42/EG

in der derzeit gültigen Fassung vom 17. Mai 2006

<http://publications.europa.eu/de/>

In der Suchmaske bitte die Richtlinie „2006/42/EG“ einsetzen.

7.5 Glossar

Abgasrückführung	Die Abgasrückführung (AGR) wird zur Minderung der Emission von Stickoxiden (NO_x) verwendet, die bei der Verbrennung von Kraftstoff in Dieselmotoren entstehen.
Abgastrübung	Ein optisches Messverfahren zur Bestimmung des Rußgehalts im Abgas. Gemessen wird die Abschwächung einer Lichtquelle, meist in einem länglichen Kanal. Die Geräte heißen „Opazimeter“. Die Werte werden angegeben in dem K-WERT mit der Einheit m^{-1} .
AGR-Rate	Die Abgasrückführrate stellt den prozentualen volumetrischen Anteil des Abgases im Frischgemisch dar.
Ascheversinterung	Ist ein Partikelfilter zu hohen Temperaturen ausgesetzt, beispielsweise wegen zu später Wartung oder wegen Motorschäden, wandelt sich die pulvrige Asche zu einem glasigen Überzug auf dem Filtersubstrat um. Der Filter ist dann nicht mehr funktionstüchtig, auch nicht mehr zu reinigen und muss darum ausgetauscht werden.
ASTRA	Bundesamt für Straßen, Schweiz.
BAFU	Bundesamt für Umwelt, Schweiz.
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung.
CO	Kohlenstoffmonoxid. Farb- und geruchloses Gas, das als schweres Atemgift wirkt.
Datalogger	Prozessorgesteuerte Speichereinheit, die Daten des Partikelfilters und ggf. weitere relevante Parameter in einem bestimmten Rhythmus aufzeichnet und auf einem Speichermedium ablegt.
DPF	Dieselpartikelfilter
Euro I bis VI	Abstufungen der Emissionsgrenzwerte für Nutzfahrzeuge (Lkw), die auf Europäischen Richtlinien oder Verordnungen beruhen: Euro I, Euro II: gemäß Richtlinie 91/542/EWG Euro III, IV, V, EEV: gemäß Richtlinie 99/96/EWG Euro VI: gemäß Verordnung EG 582/2011
FAD	Förderkreis Abgasnachbehandlungstechnologien für Dieselmotoren.
Feinstaub	Partikel, die einen Durchmesser von $\leq 10 \mu\text{m}$ aufweisen.
HC	Hydrocarbon. Unverbrannte Kohlenwasserstoffe, die teilweise gesundheitsschädlich sind und den unangenehmen Abgasgeruch erzeugen.
Katalytische Beschichtung	Die Katalytische Beschichtung unterstützt bei einem Partikelfilter die Regeneration, also den Abbrand von Ruß. Dies kann mit Hilfe Oxidation erfolgen oder durch die Bildung von NO_2 . Bei dem sogenannten CRT-Verfahren wandelt die Beschichtung vor dem Filter NO in NO_2 um, um dies für die Regeneration im Filter selbst zu nutzen.
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
Klasse SH	Handgehaltene Motoren (Richtlinie 97/68/EG)
Klasse SN	Nicht handgehaltene Motoren (Richtlinie 97/68/EG)

Low SAPS oil	Motorenöl, das einen niedrigen Gehalt an Sulfatasche, Phosphor und Schwefel besitzt.
Mobile Maschinen und Geräte	Mobile Maschinen und Geräte im Sinne dieses Leitfadens sind Baumaschinen für den Einsatz auf Baustellen, die mit einem Kompressionsmotor (Dieselmotor) mit einer Motorleistung ≥ 19 kW angetrieben werden.
NO ₂	Stickstoffdioxid. Rotbraunes, stechend riechendes giftiges Gas.
Nonroad Maschinen	Nichtstraßengebundene bewegliche Maschinen und Geräte.
NO _x	Stickoxide als Summe von Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid.
Onroad Maschinen	Straßengebundene Maschinen und Geräte.
PM	Partikel, gemessen nach einer gravimetrischen Methode. PM ₁₀ ist beispielsweise die Kategorie für Teilchen kleiner als 10 Mikrometer (10 µm).
PMK 2	Partikelminderungsklasse 2 gemäß Anlage XXVII StVZO. Gilt für Diesel-Lkw mit Euro I- oder Euro II und EURO III Abgasnorm.
Ppm	Parts per Million: steht für den Quotienten von 10 ⁻⁶ (0,000 001) und wird in der Wissenschaft und der Technik für den millionsten Teil verwendet.
Rohemissionen	Rohemissionen sind die Emissionen, die vom Motor selbst erzeugt werden, ohne die Abgasnachbehandlungssysteme mit zu betrachten.
Selbstfahrende Arbeitsmaschine	Selbstfahrende Arbeitsmaschinen (sfAM) sind Kraftfahrzeuge, die nach ihrer Bauart und ihren besonderen, mit dem Fahrzeug fest verbundenen Einrichtungen zur Verrichtung von Arbeiten, jedoch nicht zur Beförderung von Personen oder Gütern, bestimmt und geeignet sind. (§2 Nr. 17 FZV).
Sintermetallfilter	Ein Sintermetallfilter (SMF) ist ein Dieselrußpartikelfilter (DPF), der für die Filtration von Abgasen genutzt wird. Der Filter besteht komplett aus Edelstahl und die Porosität wird durch einen Sinterprozess von Edelpulver erzeugt.
StVZO	Straßenverkehrszulassungsordnung
TRGS 554	Technische Regel für Gefahrstoffe 554, die auch die Minderung von Dieselabgasen in geschlossenen oder teilgeschlossenen Räumen verlangt.
Turbolader	Der Turbolader ist ein Aggregat zur Leistungssteigerung von Verbrennungsmotoren. Der Antrieb des Turboladers erfolgt über die Energie der ausströmenden Abgase.
UNECE REC	United Nations Economic Commission for Europe Retrofit Emission Control devices
VAMV	Verordnung für Abgasmessgeräte für Verbrennungsmotoren vom Eidgenössischen Justiz- und Polizeidepartement (Schweiz).
VERT	Verification of Emission Reduction Technologies.
VSBM	Verband der Schweizer Baumaschinenwirtschaft.

7.6 Literaturverzeichnis

- Ausführungen in Kapitel 1.2 sowie Abbildung 3 basieren auf dem IFEU-Bericht „Helms, H. und Heidt, C.: *Erarbeitung eines Konzepts zur Minderung der Umweltbelastung aus NRMM (non road mobile machinery) unter Berücksichtigung aktueller Emissionsfaktoren und Emissionsverminderungsoptionen für den Bestand.* Institut für Energie und Umweltforschung. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. 2014.“. Dieser Bericht basiert auf: „Breitenbach, Y. ; Neunhäuserer, L.; Diegmann, V.: *Berechnung des Einflusses der Emissionen von mobilen Geräten (Baumaschinen) auf die lokale Schadstoffbelastung in zwei realen Hotspots.* IVU Umwelt GmbH. 2013 (nicht veröffentlicht).“.
- Ausführungen in den Kapiteln 4.3, 4.6, 4.7 und 7.3.3 basieren auf der Broschüre „Arbeitsgruppe Baumaschinen (Hrsg.): *Abgaswartung und Kontrolle von Maschinen und Geräten auf Baustellen: Technische Anleitung zur Umsetzung der Luftreinhalteverordnung LRV (basierend auf der LRV-Änderung vom 19.9.2008 und auf der angepassten Baurichtlinie-Luft vom 1. Januar 2009).* 2010.“.
- Ausführungen in Kapitel 4.2 basieren auf der Broschüre „Schweizerischer Baumeisterverband: *LRV-Konforme Baumaschinen: Checkliste Einkauf und Wartung.* 2011.“.
- Ausführungen in dem Kapitel 4.4 sowie die Abbildungen 21 und 22 basieren auf der Broschüre „SUVA, VSBM und BAFU (Hrsg.): *Freie Sicht – auch mit Partikelfilter: Technische Lösungen zur Verhütung von Unfällen mit Baumaschinen.* 2013.“.
- Ausführungen in Kapitel 4.3 sowie 7.3.1 und 7.3.2 basieren auf der Broschüre „Baumot AG: *Einbau, Betriebs- und Wartungsanleitung DPF (BA).* 2009.“.
- Ausführungen in den Kapiteln 7.1 und 7.2 basieren auf der Broschüre: „beco Berner Wirtschaft (Hrsg.): *Partikelfiltersystem für Baumaschinen: Tipps zu Auswahl, Einbau, Betrieb, Unterhalt und Störungsbehebung.* 2009.“

Alle urheberrechtlichen Verwertungsrechte für Inhalte liegen, sofern nicht anders gekennzeichnet, bei der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin.

Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit ausdrücklicher Genehmigung.

Bestellt werden kann der Leitfaden unter:

www.berlin.de/baumaschinen-partikelfilter oder unter info@aurigna.com

Der Leitfaden kann als PDF-Version unter obiger Website heruntergeladen werden.

