

Frank Diedrich, Frankfurt/M.

Europäische Abgasgesetzgebung

Auswirkungen auf landwirtschaftliche Arbeitsmaschinen, Traktoren und deren Motoren

Die Anforderungen der weltweiten Abgasgesetzgebung sind eine Herausforderung sowohl für Motorenhersteller als auch für Maschinenhersteller, da in den neuen Abgasstufen nicht nur der Motor alleine, sondern auch verschiedene Komponenten zur Abgasnachbehandlung und deren Einbaubedingungen eine erhebliche Rolle zur Einhaltung der Abgasgrenzwerte spielen. Die Auswirkungen, die durch die zusätzliche Abgasnachbehandlung auftreten, wie etwa der zusätzlich erforderliche Einbau- raum für Abgassysteme, werden zukünftig die Entwicklung mobiler Arbeitsmaschinen stark beeinflussen.

Dipl.-Ing. (FH) Frank Diedrich, betreut unter anderem das Thema Abgasgesetzgebung im Referat Verkehr des VDMA, Lyoner Straße 18, 60528 Frankfurt/Main; e-mail: frank.diedrich@vdma.org

Schlüsselwörter

Abgasgesetzgebung, Traktoren, Arbeitsmaschinen, Motoren

Keywords

Exhaust emission regulations, tractors, mobile machinery, engines

Die Entwicklung und der Vertrieb von landwirtschaftlichen Arbeitsmaschinen und Traktoren wurden bereits in den letzten Jahren stark von den Anforderungen der europäischen Abgasgesetzgebung bestimmt. Dieser Einfluss wird in Zukunft mit der Einführung neuer Abgasstufen massiv zunehmen. Zusätzliche Abgasnachbehandlung, erhöhter Kraftstoffverbrauch, zunehmende Geräuschentwicklung und Temperaturen und zusätzlich erforderlicher Einbauraum für Abgassysteme sind heute schon mit Blick auf die nächste Reduzierung der Abgasgrenzwerte die Herausforderung für die Hersteller bei Konzeption und Bau von landtechnischen Fahrzeugen (Bild 1).

EG-Abgas-Richtlinien für mobile Maschinen und Traktoren

Im April 2004 wurde die Richtlinie 2004/26/EG [1, 2] zur Anpassung der Richtlinie 97/68/EG „Abgasemissionen aus Motoren in mobilen Maschinen“ im EG-Amtsblatt veröffentlicht. Der Geltungsbereich dieser Richtlinie umfasst nicht nur landwirtschaftliche Maschinen, sondern unter anderem auch mobile Maschinen aus den Bereichen der Bau- und Fördertechnik, aber auch Eisenbahnen und Binnenschiffe.

Ein Jahr später wurde die Abgasrichtlinie für Traktoren 2000/25/EG durch die Richtlinie 2005/13/EG [3] fortgeschrieben. Da eine Bestimmung in der Richtlinie 2000/25/EG vorschreibt, dass diese unverzüglich an die Änderungen der Richtlinie 97/68/EG angepasst werden muss, sind die Anforderungen an das Abgasverhalten von mobilen Arbeitsmaschinen und Traktoren hinsichtlich der Schadstoffgrenzwerte, der Einführungsstermine neuer Abgasstufen und des Prüfverfahrens identisch.

Bild 1: Tendenzielle Veränderungen am Motor, Kühl- und Abgassystem in den Stufen IIIB und IV im Vergleich zur Stufe III A

Fig. 1: Trends in the changes of the engine, cooling and exhaust system, caused Stage III B and IV requirements, compared to Stage III A.

Mit diesen Anpassungsrichtlinien wurden die bisherigen Abgasgrenzwertstufen I und II um die Stufen III A, III B und IV ergänzt. In diesen drei Stufen werden bis 2014 die Abgasgrenzwerte schrittweise entsprechend der Motorleistungskategorien von 19 kW bis 560 kW reduziert.

Gesetzliche Anforderungen und deren technische Umsetzung

Bereits mit den Stufen I und II wurden die Emissionsgrenzwerte von Stickoxiden (NO_x) und Partikeln (PT) stark herabgesetzt. Allein mit der Stufe II im Vergleich zur Stufe I erfolgte eine Reduzierung der Grenzwerte für NO_x um bis zu 35 % und für Partikel um bis zu 60 %. Diese Anforderungen waren in der Regel durch moderne Einspritzsysteme und Turbolader mit Zwischenkühlung zu erreichen (Bild 2).

Zurzeit läuft die Einführungsphase der Stufe III A, die Ende 2007 abgeschlossen sein wird. Mit der Stufe III A wird zunächst der Ausstoß von Stickoxiden (NO_x) weiter verringert. Diese Reduzierung ist noch allein durch innermotorische Maßnahmen, etwa durch Ladeluftkühlung, Abgasrück-

		Stufe / Stage III B	Stufe / Stage IV
Motor / Engine	Bauraum / Installation space	→	→
	Gewicht / Mass	↗	↗
	Leistung / Power	→	→
	Kraftstoffverbrauch / Fuel consumption	↗	↗
	Wartungsaufwand / Maintenance effort	↗	↗
	Kühlung / Cooling system	↗	↗
Kühlung / Cooling system	Motorkühlung / Engine cooling	↗	↗
	Lüfterleistung / Fan power	↗	↗
	Bauraum / Installation space	↗	↗
	Geräuschentwicklung / Sound level	↗	↗
Abgassystem / Exhaust system	Bauraum / Installation space	↗	↗
	Gewicht / Mass	↗	↗
	Wartungsaufwand / Maintenance effort	↗	↗
	Einbauflexibilität / Installation flexibility	↘	↘

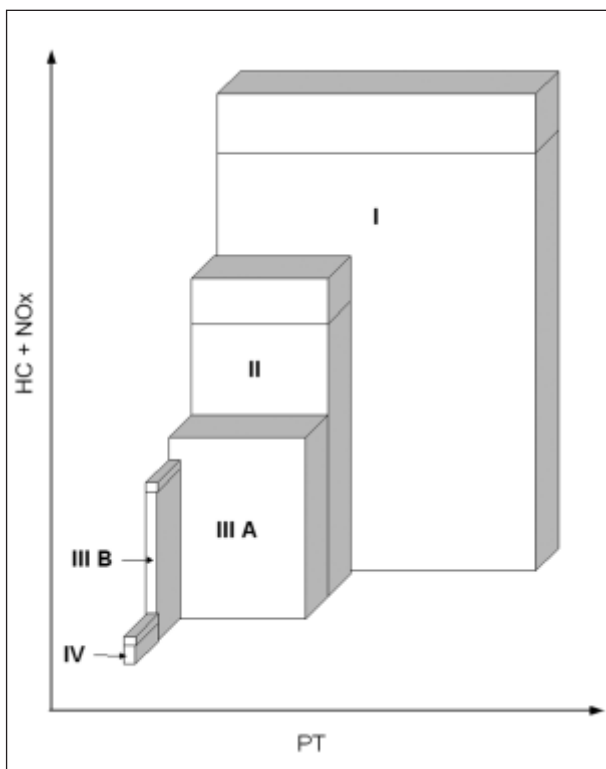


Bild 2: Entwicklung der zulässigen Abgasemissionen für mobile Maschinen und Traktoren

Fig. 2: Development of permissible exhaust emissions of mobile machinery and agricultural tractors

rungsfaktoren eingeführt.

Es ist darüber hinaus sicherzustellen, dass die Systeme zur Abgasreduzierung ordnungsgemäß gewartet und nicht entfernt werden. Dieser Umstand wird den Gesetzgeber veranlassen, eine OBD (On Board Diagnosis) einzuführen, die dem Fahrer ein Fehlverhalten des Systems anzeigt und gegebenenfalls in die Steuerung des gesamten

Antriebssystems eingreift.

Zusammenspiel von Motoren- und Maschinenherstellern

Die Abgasbestimmungen der Stufen III B und IV bedeuten eine Herausforderung sowohl für Motorenhersteller als auch für Maschinenhersteller, da in diesen Abgasstufen nicht nur der Motor allein, sondern auch verschiedene Komponenten zur Abgasnachbehandlung und deren Einbaubedingungen eine erhebliche Rolle zur Einhaltung der Abgasgrenzwerte spielen. Die Auswirkungen, die durch die zusätzliche Abgasnachbehandlung auftreten, wie etwa der erhöhte Kraftstoffverbrauch, zunehmende Geräuschentwicklung und Temperaturen und zusätzlich erforderlicher Einbauraum für Abgassysteme, werden zukünftig die Entwicklung mobiler Arbeitsmaschinen stark beeinflussen.

Bisher ist der Motorenhersteller allein für die Einhaltung der Abgasgesetzgebung verantwortlich, da sich die Maßnahmen zur Erfüllung der Abgasgrenzwerte grundsätzlich nur auf den Motor konzentrieren. Der Maschinenhersteller muss die Vorgaben des Motorenherstellers beim Einbau des Motors beachten. Auch die Richtlinie 97/68/EG ist ausschließlich an den Motorenhersteller gerichtet, nur er kann eine EG-Typgenehmigung hinsichtlich des Abgasverhaltens erwirken.

Auch zukünftig ist vorgesehen, dass die Verantwortung beim Motorenhersteller bleibt, deshalb wird der Motorenhersteller in der Regel als Systemanbieter eine abgestimmte Kombination aus Motor und Abgasnachbehandlungskomponenten anbieten.

Aber die Frage ist noch offen, ob jeder Motorenhersteller aufgrund der verschiede-

nensten Einbau- und Betriebsbedingungen in mobilen Maschinen, die teilweise in sehr geringen Stückzahlen gebaut werden, in der Lage sein wird, all seinen Kunden ein maßgeschneidertes Komplettpaket anbieten zu können.

Da das Gesamtsystem, bestehend aus Motor und Abgasnachbehandlung, Gegenstand der EG-Zertifizierung sein wird, wird nach einer Systemgenehmigung eine Anpassung durch den Maschinenhersteller bei der Applikation nur eingeschränkt möglich sein.

Aufgrund der hohen Variantenvielfalt, sowohl auf Seiten der mobilen Maschinen als auch der Motoren bei gleichzeitig zum Teil sehr geringen Stückzahlen, ist für die Amortisation des Entwicklungsaufwands mehr Zeit erforderlich als die Dauer einer Abgasstufe zulässt. Aber auch für die Entwicklung selbst und die erforderlichen Maschinentests unter Einsatzbedingungen, die bei landwirtschaftlichen Maschinen oft nur saisonal begrenzt durchgeführt werden können, wird ein längerer Zeitraum benötigt.

Da die Stufe III B nur für drei Jahre Bestand haben wird und anschließend durch die Stufe IV ersetzt werden wird, kann dies aus heutiger Sicht zu einer Reduzierung der Variantenvielfalt bei Motoren und Maschinen führen. Die Motorenhersteller werden vermutlich versuchen, durch ein Baukastensystem für Motoren und Abgasnachbehandlungssysteme den Entwicklungsaufwand zu reduzieren.

Der richtige Kraftstoff

Eine weitere Voraussetzung zur Verminderung der Emissionen von Partikeln und Stickoxiden ist die Verwendung von schwefelarmen Kraftstoffen. Darum sollen Kraftstoffe mit einem Schwefelgehalt von weniger als 10 ppm ab 2009 innerhalb der EG auch für mobile Maschinen flächendeckend zur Verfügung stehen. Die Einführung dieser Kraftstoffqualitäten bedeutet für zahlreiche EG-Mitgliedsstaaten eine Neustrukturierung der Kraftstoffinfrastruktur, da in vielen Ländern Arbeitsmaschinen und Traktoren noch mit Dieselmotoren bis 2000 ppm Schwefelgehalt betrieben werden.

Testverfahren

Bis zur Stufe III A werden die gesamten Abgasemissionen mit einem stationären Testverfahren (NRSC) ermittelt. Dieses Testverfahren soll zukünftig nur noch zur Ermittlung der gasförmigen Schadstoffe in den Stufen III B und IV angewendet werden. In Zukunft wird dieser stationäre Testzyklus durch einen dynamischen Test (NRTC) ergänzt, der die tatsächlichen Betriebsbedingungen von Dieselmotoren in mobilen Ma-

führung und Steigerung des Einspritzdruckes, zu erreichen (Bild 3).

Ab 2010 werden in der Stufe III B die Partikelgrenzwerte bis zu 94 % im Vergleich zur heutigen Stufe III A gesenkt. Die Einhaltung dieser Grenzwerte wird aus heutiger Sicht nur mit Partikelfiltern möglich sein. Diese Filter werden heute für mobile Maschinen zum Einsatz in geschlossenen Räumen oder zum Tunnelbau angewendet. Der Einsatz dieser Filter in Arbeitsmaschinen, die mit niedrigen Abgastemperaturen betrieben werden, hat den Nachteil, dass diese Filter regelmäßig künstlich aufgeheizt werden müssen, damit die Partikel verbrannt werden können. Bei der Verwendung dieser Filter in Lkw erfolgt die Verbrennung der Partikel eigenständig, da im Fahrbetrieb auch die erforderlichen Verbrennungstemperaturen erreicht werden.

Eine weitere Absenkung der Stickoxidgrenzwerte um bis zu 88 % wird mit der Stufe IV ab 2013 gefordert. Dazu wird die Anwendung von NO_x-Adsorptionssystemen oder von selektiven Katalysatoren (Selective-Catalytic-Reduction (SCR)-Systemen) erforderlich werden. In SCR-Systemen werden Stickoxide durch den Zusatz von Ammoniak zu Wasser und Stickstoff reduziert. Dazu muss in einem Zusatztank Harnstoff im Fahrzeug mitgeführt werden.

In der Vergangenheit wurde im Rahmen der Zertifizierung nur das Abgasverhalten des neuen Motors betrachtet. Mit der letzten Änderungsrichtlinie wird zukünftig auch das Emissionsverhalten während der gesamten Lebensdauer der Motoren schon bei der Typprüfung beurteilt. Um eine Veränderung des Emissionsverhaltens einzugrenzen, werden ab Stufe III A Dauerhaltbarkeitsanforderungen und maximal zulässige Verschlechte-

schinen annähernd wiedergeben soll. Im dynamischen Testverfahren sollen die Partikelemissionen für die Stufen III B und IV gemessen werden. Es steht dem Hersteller frei, dieses Testverfahren auch für die Stufe III A und für die gasförmigen Schadstoffe in den Stufen III B und IV zu verwenden.

Kein Regelwerk ohne Ausnahme

Auch für die Europäischen Abgasrichtlinie gilt: Kein Regelwerk ohne Ausnahmeregelung. Eine wichtige Ausnahmeregelung ist die Regelung zum Abverkauf von Lagermotoren und -maschinen, die auch schon in der ursprünglichen Fassung der Richtlinie 97/68/EG enthalten war. Aufgrund dieser Ausnahmeregelung dürfen Motoren, die der vorangegangenen Abgasstufe entsprechen, noch für weitere zwei Jahre nach Einführung einer neuen Abgasstufe auf den Markt gebracht werden, wenn sie vor dem Einführungstermin der neuen Stufe gebaut wurden. In der Vergangenheit haben die Mitgliedsstaaten selbst entschieden, in welchem Umfang und mit welchem administrativen Verfahren sie diese Ausnahme gewähren oder ob sie diese Regelung überhaupt anwenden.

Mit der Einführung der Stufe III A kommt diese Ausnahmeregelung in der gesamten EU obligatorisch zur Anwendung. Das bedeutet für die Hersteller mehr Planungssicherheit für Produktion und Verkauf in allen EU-Mitgliedsstaaten ohne den bisherigen administrativen Aufwand.

Neue zusätzliche Ausnahmeregelungen – ähnlich wie sie in den USA angewendet werden – ermöglichen während des gesamten Zeitraums einer Abgasstufe eine begrenzte Anzahl von Maschinen, die der vorangegangenen Abgasstufe entsprechen, in den Verkehr zu bringen. Die Anzahl ist einmalig auf 20% des Maschinenvolumens, das der Hersteller jährlich auf den EG-Markt stellt, oder alternativ auf eine festgelegte maximale Stückzahl beschränkt. Diese Ausnahme kommt in der Regel Maschinen, die in kleineren Stückzahlen auf den Markt gebracht werden, zu Gute. Im Unterschied zu den anderen Ausnahmeregelungen richtet sich diese nicht an den Motorenhersteller, sondern an den Maschinenhersteller. Dieser muss sich um das administrative Verfahren und die Einhaltung der Bestimmungen kümmern.

Angleichung der Abgasgesetzgebung zwischen USA und Europa

Um den Herstellern einen globalen Markt für Motoren und Maschinen zu bieten, sollen die Abgasbestimmungen in Europa und USA angeglichen werden. Hinsichtlich der

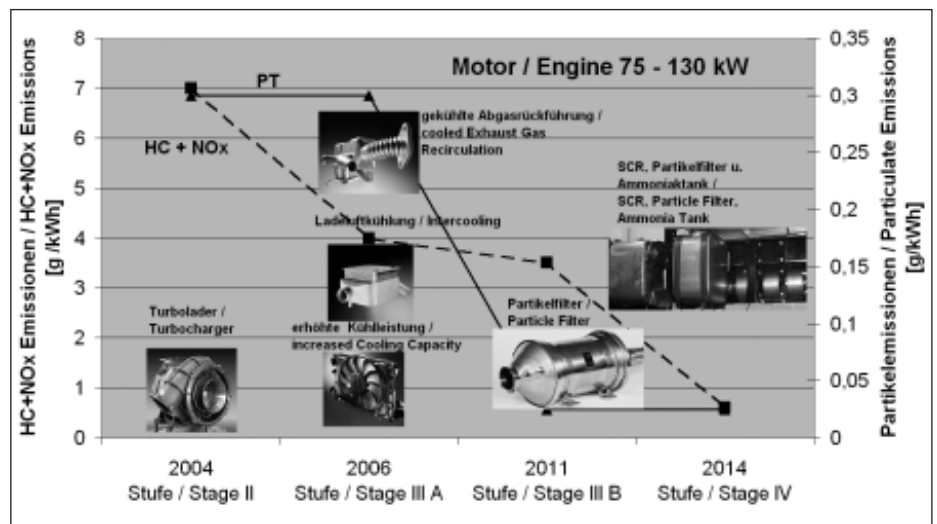


Bild 3: Technische Umsetzung der Abgasanforderungen

Fig. 3: Technical implementation of the exhaust emission requirements

Einführungstermine und Grenzwerte wurde dieses Ziel nahezu erreicht. Auch Prüfverfahren und sonstige Randbedingungen sollen noch vereinheitlicht werden.

Aber die massiven Unterschiede in der Umsetzung und in der Gestaltung von Ausnahme- und Flexibilitätsregelungen der Abgasvorschriften in den USA und Europa verhindern die hundertprozentige Übereinstimmung der Regelwerke auf beiden Seiten des Atlantiks. Während in Europa mit wenigen Ausnahmemöglichkeiten neue Abgasstufen konsequent zum Einführungstermin in vollem Umfang umgesetzt werden, bestehen in den USA vielfältige komplexe Flexibilitätsklauseln, die die Umsetzung neuer Abgasstufen, TIER 1 bis 4, nicht zu bestimmten Einführungsterminen, sondern über einen längeren Zeitraum erlauben.

Diese Flexibilitätsregelungen werden noch durch ein Bonussystem ergänzt, mit dem es für den Hersteller möglich ist, bei Unterschreiten der Grenzwerte Bonuspunkte zu sammeln, mit welchen dann Grenzwertüberschreitungen ausgeglichen oder Einführungstermine hinausgeschoben werden können. Dieses Flexibilitätssystem erfordert eine umfangreiche Kontrolle der Produkte für die verschiedenen Märkte, um die Grenzstückzahlen auch bei natürlichen Schwankungen des Marktes einzuhalten.

„Technical Review 2007“

Entsprechend der Richtlinie 2004/26/EG ist die EG-Kommission verpflichtet, bis spätestens Ende 2007 die Durchführbarkeit und die Kosten der Stufen III B und IV zu überprüfen. Mit diesem sogenannten „Technical Review“ sollen alle Rahmenbedingungen, wie etwa die Verfügbarkeit schwefelarmer Kraftstoffe in Europa und mögliche Technologien zur Umsetzung der Abgasbestimmungen bewertet werden. Entsprechend sollen dann die Anforderungen der Stufen III B und IV, hinsichtlich Verschiebung der Ein-

führungstermine, Ausweitung der Flexibilitätsregelungen oder Ausnahmen für bestimmte Maschinen und Anwendungen, etwa für Schmalspurtraktoren, überarbeitet werden. Auch die Erweiterung des Geltungsbereiches der Abgasrichtlinie auf Dieselmotoren unter 19 kW und über 560 kW und die Einführung von Systemen zur Überwachung des Abgasverhaltens während des Betriebes stehen zur Diskussion.

Ein Kernpunkt der Betrachtungen ist die weitere Angleichung der Abgasgesetzgebung in Europa und den USA.

Literatur

- [1] -: Richtlinie 2004/26/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. April 2004 zur Änderung der Richtlinie 97/68/EG zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Maßnahmen zur Bekämpfung der Emission von gasförmigen Schadstoffen und luftverunreinigenden Partikeln aus Verbrennungsmotoren für mobile Maschinen und Geräte. Amtsblatt der Europäischen Union L 146 vom 30. April 2004, S. 1
- [2] -: Berichtigung der Richtlinie 2004/26/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. April 2004 zur Änderung der Richtlinie 97/68/EG zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Maßnahmen zur Bekämpfung der Emission von gasförmigen Schadstoffen und luftverunreinigenden Partikeln aus Verbrennungsmotoren für mobile Maschinen und Geräte. Amtsblatt der Europäischen Union L 225 vom 25. Juni 2004, S. 3
- [3] -: Richtlinie 2005/13/EG der Kommission vom 21. Februar 2005 zur Änderung der Richtlinie 2000/25/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Maßnahmen zur Bekämpfung der Emission gasförmiger Schadstoffe und luftverunreinigender Partikel aus Motoren, die für den Antrieb von land- und forstwirtschaftlichen Zugmaschinen bestimmt sind, und zur Änderung von Anhang I der Richtlinie 2003/37/EG des Europäischen Parlaments und des Rates betreffend die Typgenehmigung für land- und forstwirtschaftliche Zugmaschinen. Amtsblatt der Europäischen Union L 55 vom 1. 3. 2005, S. 35