

## Im Überblick

# Inhalt

- 2**     **Schiffe**
- 13**    **Stationäre Anlagen**
- 37**    **Mobile Maschinen und Geräte**
- 45**    **Eisenbahnen**
- 49**    **Prüfzyklen**
- 54**    **Kraftstoffe**
- 56**    **Umrechnung**
- 59**    **Glossar**

### **Alle Angaben ohne Gewähr**

Diese Broschüre dient nur der Information. Sie ersetzt nicht die offiziellen Gesetze, Regelungen und Normen.

**Stand: November 2011**

## 2 SCHIFFE

### IMO – Seeschiffe

MARPOL (MARine POLLution) der IMO ist ein internationales Übereinkommen zur Verhütung der Meeresverschmutzung durch Schiffe und legt Umweltschutzregelungen für die internationale Schifffahrt fest. Der Text der Konvention bzw. des Protokolls an sich regelt nur die generellen Rahmenbedingungen, die praktisch relevanten Festsetzungen werden in den Anhängen getroffen.

Eingehalten werden muss MARPOL in erster Linie von Schiffen, die unter Flagge von Mitgliedstaaten der Konvention fahren. Falls ein Schiff unter anderer Flagge, jedoch in Gewässern der Mitgliedstaaten verkehrt, muss auch dieses Schiff MARPOL einhalten.

#### Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>)

Betroffen sind Schiffsdieselmotoren, die eine Leistung von über 130 kW haben, in Abhängigkeit des Datums ihrer Kiellegung. Ausgenommen sind Motoren in Lebensrettungsbooten oder anderem Notfall-Equipment und Schiffe, die ausschließlich in nationalen Gewässern verkehren.

$n_n$ 1/min	NO <sub>x</sub> [g/kWh]
<b>Stufe I, ab 1. 1. 2000</b>	
< 130	17,0
$130 \leq n_n < 2000$	$45,0 \cdot n_n^{(-0,2)}$
$\geq 2000$	9,8
<b>Stufe II, ab 1. 1. 2011</b>	
< 130	14,4
$130 \leq n_n < 2000$	$44,0 \cdot n_n^{(-0,23)}$
$\geq 2000$	7,7
<b>Stufe III, ab 1. 1. 2016<sup>A</sup> in Emission Control Areas (ECAs)</b>	
< 130	3,4
$130 \leq n_n < 2000$	$9 \cdot n_n^{(-0,2)}$
$\geq 2000$	2,0

<sup>A</sup> Review des Einführungstermins 2012.

Als erstes Stickoxid-Überwachungsgebiet mit Grenzwerten nach Tier III wurden nordamerikanische Küstenlinien festgelegt.

Existierende Schiffe sollen auf Tier I Niveau gebracht werden, wenn

- sie zwischen 1990 und 2000 gebaut wurden,
- $\geq 90$  l Hubraum je Zylinder und
- $> 5.000$  kW haben und
- ein Nachrüst-Kit vom Motorhersteller freigegeben, von der Behörde zertifiziert und im Preis angemessen ist.

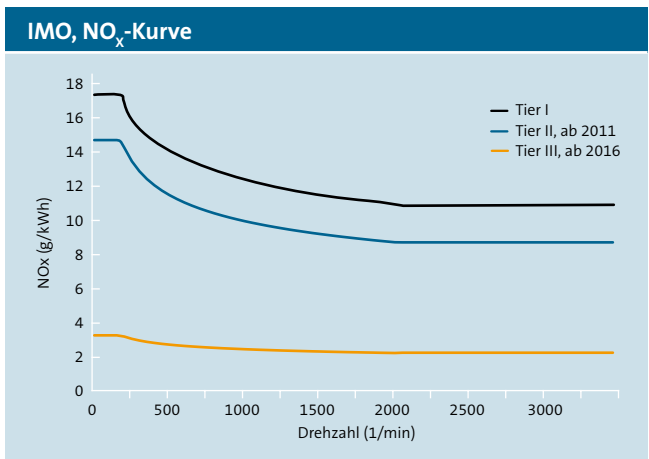
Austauschmotoren, zusätzliche Motoren

- Bei Ersatz durch einen identischen neuen Motor gelten die Emissionsbestimmungen, die für den ursprünglichen Motor heranzuziehen waren.
- Bei nicht identischem Motor oder zusätzlichen Motoren werden die zum Zeitpunkt der Installation geltenden Regelungen angewandt.
- Für Austauschmotoren, die nach dem 1. Januar 2016 installiert werden, gilt TIER II, wenn nachweislich TIER III nicht erreicht werden kann.

Grundlegende Modifikationen (Major Conversion):

Bei grundlegenden Modifikationen der Motoren auf Schiffen

- mit Kiellegung vor dem 1. Januar 2000 gilt Tier I,
- mit Kiellegung nach dem 1. Januar 2000 gelten weiterhin die Bestimmungen zum Zeitpunkt der Kiellegung des Schiffes.



- Der NO<sub>x</sub>-Grenzwert ist von der Motor-Nenn Drehzahl abhängig.
- Prüfzyklus: ISO 8178-4, E2/E3/D2/C1 (entsprechend Motorbetrieb).
- Prüfbedingung: Lufttemperatur 25°C / Wassertemperatur 25°C.
- Keine HC-, CO-, Partikel- und Rußgrenzwerte.
- Partikel- und SO<sub>x</sub>-Emissionen werden über die Kraftstoffqualität gesteuert.

## 4 SCHIFFE

### Schwefeloxide (SO<sub>x</sub>)

Der SO<sub>x</sub>-Ausstoß wird über den Schwefelgehalt im Kraftstoff limitiert. Folgende Obergrenzen wurden im Oktober 2008 verabschiedet.

Globale Obergrenze von

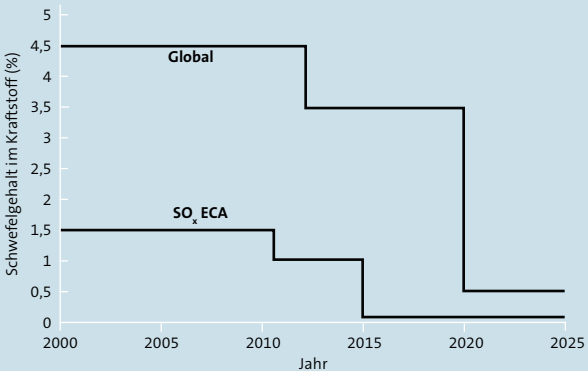
- 4,50 % (45.000 ppm) bis 2012
- 3,50 % (35.000 ppm) ab 2012
- 0,50 % (5.000 ppm) ab 2020\*

\* Review des Einführungstermins in 2018. Sollte nicht ausreichend schwefelarmer Kraftstoff verfügbar sein, kann der Einführungstermin auf 2025 verschoben werden.

In SO<sub>x</sub>-Emission-Control-Areas (SECAs)

- 1,50 % (15.000 ppm) vor dem 1. 7. 2010
- 1,00 % (10.000 ppm) ab 1. 7. 2010
- 0,10 % (1.000 ppm) ab 1. 1. 2015
- Alternative Verfahren (z.B. Scrubber) sind zulässig

### IMO, Schwefel-Grenzwerte



## EU – Binnenschiffe

Die Emissionsgrenzwerte nach der EU-Nonroad-Richtlinie 97/68/EG (geändert durch 2004/26/EG) gelten für Antriebsmotoren von Binnenschiffen auf EU-Gewässern. Grenzwerte und Einteilung der Motoren entsprechen der Stufe 2 (Tier 2) der US-EPA Schiffsvorschrift.

Kategorie	Hubraum pro Zyl. Leistung	CO g/kWh	HC + NO <sub>x</sub> g/kWh	Partikel g/kWh	Datum <sup>A</sup>
V 1:1	$V_{h,z} < 0,9 \text{ l}$	5,0	7,5	0,4	2007
	$P_n \geq 37 \text{ kW}$				
V 1:2	$0,9 \text{ l} \leq V_{h,z} < 1,2 \text{ l}$	5,0	7,2	0,3	2007
V 1:3	$1,2 \text{ l} \leq V_{h,z} < 2,5 \text{ l}$	5,0	7,2	0,2	2007
V 1:4	$2,5 \text{ l} \leq V_{h,z} < 5,0 \text{ l}$	5,0	7,2	0,2	2009
V 2:1	$5,0 \text{ l} \leq V_{h,z} < 15,0 \text{ l}$	5,0	7,8	0,27	2009
V 2:2	$15,0 \text{ l} \leq V_{h,z} < 20,0 \text{ l}$	5,0	8,7	0,5	2009
	$P_n < 3300 \text{ kW}$				
V 2:3	$15,0 \text{ l} \leq V_{h,z} < 20,0 \text{ l}$	5,0	9,8	0,5	2009
	$P_n \geq 3300 \text{ kW}$				
V 2:4	$20,0 \text{ l} \leq V_{h,z} < 25,0 \text{ l}$	5,0	9,8	0,5	2009
V 2:5	$25,0 \text{ l} \leq V_{h,z} < 30,0 \text{ l}$	5,0	11,0	0,5	2009

<sup>A</sup> gilt für das Inverkehrbringen von Motoren; Typgenehmigung ein Jahr früher

**Ausgenommen von den Grenzwerten** sind folgende Schiffe:

- Fahrgastschiffe, die zusätzlich zur Besatzung nicht mehr als 12 Fahrgäste befördern
- Sportboote bis 24 m Länge (siehe 94/25/EG)
- Dienstschiffe der Aufsichtsbehörden
- Feuerlöschboote
- Militärschiffe
- Im Fischereifahrzeugregister der Gemeinschaft verzeichnete Fischereifahrzeuge
- Seeschiffe, einschließlich Seeschleppboote und -schubboote, die auf Seeschiffahrtsstraßen fahren oder halten oder die sich vorübergehend auf Binnenwasserstraßen aufhalten, sofern sie ein gültiges Seefähigkeits- oder Sicherheitszeugnis mit sich führen.

Bei der nationalen Umsetzung der Richtlinie sind die Ausnahmen nicht von allen Mitgliedstaaten vollständig übernommen worden.

- Die Grenzwerte gelten auch für Schiffshilfsantriebe > 560 kW. Für alle anderen Hilfsantriebe gilt die Regelung für mobile Maschinen.
- Alternativ gelten die Grenzwerte der RheinSchUO (vereinbart ist gegenseitige Anerkennung)
- Prüfzyklus: ISO 8178-4, E2/E3/D2/C1 (entspr. Motorbetrieb)
- Prüfbedingung: Lufttemperatur 25°C / Wassertemperatur 25°C

## EU – Sportboote

Konstruktions- und Bauvorschriften nach EU-Richtlinie 94/25/EG (Änderung durch 2003/44/EG) für **Sportboote von 2,5 bis 24 m** Länge und **Wassermotorräder** (Personal Water Crafts). Emissionsgrenzwerte sind gültig für Antriebsmotoren, die in diese Fahrzeuge eingebaut werden sollen, aber auch für bereits eingebaute Motoren, die eine größere Modifikation erfahren und durch diese die Grenzwerte potenziell überschreiten oder deren Leistung durch die Veränderung um mehr als 15% wächst. Die Richtlinien gelten nicht für Tauchfahrzeuge, Luftkissenboote, Tragflügelboote, Rennboote (nur für Rennen bestimmt), Versuchsboote (solange sie nicht auf dem Gemeinschaftsmarkt in Verkehr gebracht werden), Boote zur Beförderung von Mannschaften oder Fahrgästen und Originale oder einzelne Nachbauten von vor 1950 entworfenen Wasserfahrzeugen.

### Grenzwerte (gültig seit 01.01.2005)

Typ	Kohlenmonoxid CO [g/kWh]	Kohlenwasserstoffe HC [g/kWh]	NO <sub>x</sub> [g/kWh]	PM g/kWh
Selbstzündung	5,0	$1,5 + 2/P_n^{0,5}$	9,8	1

Alle Werte in g/kWh, P<sub>n</sub>= Motornennleistung in kW

- Die Abgasemissionen werden nach der harmonisierten Norm ISO 8178-1 gemessen.
- Für Motoren über 130 kW kann der Emissionsmessung entweder der Prüfzyklus E3 (IMO) oder E5 (Wassersport) nach ISO 8178-4 zugrunde gelegt werden.

## Rheinschiffahrts-Untersuchungsordnung

Die Emissionsgrenzwerte von Verbrennungsmotoren werden im § 8a der RheinSchUO festgelegt.

### Stufe I (ab 2003)

P <sub>n</sub> kW	n <sub>n</sub> 1/min	CO g/kWh	HC g/kWh	NO <sub>x</sub> g/kWh	PM g/kWh
37–75	–	6,5	1,3	9,2	0,85
75–130	–	5,0	1,3	9,2	0,70
> 130	500 – 2800	5,0	1,3	$45 \cdot n_n^{(-0,2)}$	0,54
	≥ 2800	5,0	1,3	9,2	0,54

- Nur Verbrennungsmotoren, die Brennstoffe nutzen, deren Flammpunkt über 55°C liegt, dürfen eingebaut sein.

- Die Grenzwerte sind gültig für Motoren mit einer Nennleistung ( $P_n$ ) von 37 kW oder mehr, die in Fahrzeugen oder in Maschinen an Bord eingebaut sind, sofern nicht einschlägige Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft hinsichtlich der Emissionen von gasförmigen Schadstoffen oder Partikeln gelten.
- Bei Motoren mit einer Leistung unter 130 kW entsprechen die Grenzwerte denen der EU-Richtlinie 97/68/EG (Mobile Maschinen), Stufe 1
- Bei Motoren über 130 kW und einer Drehzahl zwischen 500 und 2800 1/min entspricht der  $NO_x$ -Grenzwert dem der IMO-Regelung
- Prüfzyklus: ISO 8178-4, E2/E3/D2/C1 (entspr. Motorbetrieb)
- Prüfbedingung: Lufttemperatur 25°C / Wassertemperatur 25°C

**Stufe II (Indienststellung des Schiffes ab dem 1. 7. 2007)**

$P_n$ kW	$n_n$ 1/min	CO g/kWh	HC g/kWh	$NO_x$ g/kWh	PM g/kWh
18–37	–	5,5	1,5	8,0	0,8
37–75	–	5,0	1,3	7,0	0,4
75–130	–	5,0	1,0	6,0	0,3
130–560	–	3,5	1,0	6,0	0,2
> 560	< 343	3,5	1,0	11,0	0,2
	343–3150	3,5	1,0	$45 \cdot n_n^{(-0,2)} - 3$	0,2
	≥ 3150	3,5	1,0	6,0	0,2

- Prüfzyklus und Prüfbedingungen wie Stufe I
- Alternativ gelten die Grenzwerte der EU-Richtlinie 97/68/EG, zuletzt geändert durch 2004/26/EG für Schiffsmotoren (vereinbart ist gegenseitige Anerkennung)

**Bodensee Schifffahrtsordnung (BSO)**

**Stufe I (Otto- und Diesel-Motoren, die bis 31. 12. 1995 gebaut wurden)**

Leistung $P_n$ kW	Kohlenmonoxid CO $A \cdot P_n^{-m}$ (g/kWh)		Kohlenwasserstoffe HC $A \cdot P_n^{-m}$ (g/kWh)		Stickstoffoxide $NO_x$ $A \cdot P_n^{-m}$ (g/kWh)	
	A	m	A	m	A	m
< 4	600	0,5	60,0	0,7747	15	0
4–100	600	0,5	39,39	0,4711	15	0
> 100	60	0	10,13	0,1761	15	0

$P_n$  = Nennleistung

## 8 SCHIFFE

Die berechneten Massenemissionen dürfen bei Ottomotoren der Gruppe A (Vergnügungsfahrzeuge) und der Gruppe B (gewerbliche Fahrzeuge und nicht Gruppe A) sowie bei Dieselmotoren der Gruppe A nicht größer sein als:

- 4500 g/h für Kohlenmonoxid CO
- 290 g/h für Kohlenwasserstoffe HC
- 1100 g/h für Stickstoffoxide NO<sub>x</sub>

Schwärzungsgrenzwert für Dieselmotoren: Die Bosch-Schwärzungszahl (BSZ) darf bei Saugmotoren nicht größer sein als 4,0, bei Motoren mit Abgasturbolader nicht größer als 3,0!

### Stufe II (Motoren, die nach dem 1. 1. 1996 gebaut werden)

Für Ottomotoren gelten folgende Grenzwerte:

Leistung P <sub>n</sub> kW	CO		HC		NO <sub>x</sub>	
	A•P <sub>n</sub> <sup>-m</sup> (g/kWh)		A•P <sub>n</sub> <sup>-m</sup> (g/kWh)		A•P <sub>n</sub> <sup>-m</sup> (g/kWh)	
	A	m	A	m	A	m
< 4	400	0,6505	30	0,6505	10	0,1505
4–100	400	0,6505	30	0,6505	10	0,1505
> 100	20	0	3,375	0,1761	5	0

P<sub>n</sub> = Nennleistung

Für Dieselmotoren gelten folgende Grenzwerte:

Leistung P <sub>n</sub> kW	CO		HC		NO <sub>x</sub>	
	A•P <sub>n</sub> <sup>-m</sup> (g/kWh)		A•P <sub>n</sub> <sup>-m</sup> (g/kWh)		A•P <sub>n</sub> <sup>-m</sup> (g/kWh)	
	A	m	A	m	A	m
< 4	400	0,6505	30	0,6505	10	0
4–100	400	0,6505	30	0,6505	10	0
> 100	20	0	3,375	0,1761	10	0

P<sub>n</sub> = Nennleistung

- Die berechneten Massenemissionen dürfen bei Ottomotoren der Gruppe A und der Gruppe B sowie bei Dieselmotoren der Gruppe A nicht größer sein als:
  - 1500 g/h für Kohlenmonoxid CO
  - 95 g/h für Kohlenwasserstoffe HC
  - 360 g/h für Stickstoffoxide NO<sub>x</sub>
- Schwärzungsgrenzwert für Dieselmotoren: Die Bosch-Schwärzungszahl (BSZ) darf bei Saugmotoren nicht größer sein als 3,5, bei Motoren mit Abgasturbolader nicht größer als 2,5.
- Prüfzyklus: ISO 8178 Teil 4, E5



## USA – Schiffsmotoren

Am 6. 5. 2008 hat die US EPA die Final Rule „40 CFR Parts 9, 85, et al.“ für Binnenschiffe <30 l/Zylinder veröffentlicht. Dieses Gesetz regelt u. a. die Emissionsgrenzwerte für Schiffsmotoren, in kommerziellem oder freizeitorientiertem Einsatz. Die Gesetzgebung bezieht sich auf Antriebs- und Hilfsmotoren.

### Stufe 1 (Tier 1):

Kat.	Leistung und Hubraum	Drehzahl min <sup>-1</sup>	Baujahr	NO <sub>x</sub> g/kWh	HC-NO <sub>x</sub> g/kWh	PM g/kWh	CO g/kWh
Small	$P_n < 8 \text{ kW}$	–	2000	–	10,5	1,0	8,0
	$8 \text{ kW} \leq P_n < 19 \text{ kW}$	–	2000	–	9,5	0,8	6,6
	$19 \text{ kW} \leq P_n < 37 \text{ kW}$	–	1999	–	9,5	0,8	5,5
C1, C2, C3, Rec.	$P_n \geq 37 \text{ kW}$ und $V_{h,z} \geq 2,5 \text{ l}$	$n_n \geq 2000$	2004	9,8	–	–	–
		$130 \leq n_n < 2000$	2004	$45 \cdot n_n^{-0,2}$	–	–	–
		$n_n < 130$	2004	17,0	–	–	–

### Stufe 2 (Tier 2):

Kat.*	Zylinder-Hubvolumen	Leistung kW	Baujahr	HC+NO <sub>x</sub> g/kWh	PM g/kWh	CO g/kWh
Small	–	$P_n < 8$	2005	7,5	0,8	8,0
	–	$8 \leq P_n < 19$	2005	7,5	0,8	6,6
	–	$19 \leq P_n < 37$	2004	7,5	0,6	5,5
C1	$V_{h,z} < 0,9$	$P_n \geq 37$	2005	7,5	0,4	5,0
	$0,9 \text{ l} \leq V_{h,z} < 1,2 \text{ l}$	–	2004	7,2	0,3	5,0
	$1,2 \text{ l} \leq V_{h,z} < 2,5 \text{ l}$	–	2004	7,2	0,2	5,0
	$2,5 \text{ l} \leq V_{h,z} < 5 \text{ l}$	–	2007	7,2	0,2	5,0
C2	$5 \text{ l} \leq V_{h,z} < 15 \text{ l}$	–	2007	7,8	0,27	5,0
	$15 \text{ l} \leq V_{h,z} < 20 \text{ l}$	$P_n < 3300$	2007	8,7	0,5	5,0
	$15 \text{ l} \leq V_{h,z} < 20 \text{ l}$	$P_n \geq 3300$	2007	9,8	0,5	5,0
	$20 \text{ l} \leq V_{h,z} < 25 \text{ l}$	–	2007	9,8	0,5	5,0
	$25 \text{ l} \leq V_{h,z} < 30 \text{ l}$	–	2007	11,0	0,5	5,0
Rec.	$V_{h,z} < 0,9 \text{ l}$	$P_n \geq 37$	2007	7,5	0,4	5,0
	$0,9 \text{ l} \leq V_{h,z} < 1,2 \text{ l}$	$P_n \geq 37$	2006	7,2	0,3	5,0
	$1,2 \text{ l} \leq V_{h,z} < 2,5 \text{ l}$	$P_n \geq 37$	2006	7,2	0,2	5,0
	$2,5 \text{ l} \leq V_{h,z} < 5,0 \text{ l}$	$P_n \geq 37$	2009	7,2	0,2	5,0

\* Für die Kategorie C3 gibt es keine Tier-2-Standards.

## 10 SCHIFFE

### Stufe 3 (Tier 3) für C1 Dieselmotoren in kommerziellen Schiffen (normale Leistungsdichte, < 35 kW/l):

Leistung [kW]	Hubraum/Zylinder [L]	Baujahr	HC+NO <sub>x</sub> <sup>D</sup> g/kWh	PM g/kWh	CO g/kWh
<19	< 0,9	2009	7,5	0,40	5,0
19–75	< 0,9 <sup>A</sup>	2009	7,5	0,30	5,0
		2014	4,7 <sup>B</sup>	0,30 <sup>B</sup>	5,0
75–3700	<0,9	2012	5,4	0,14	5,0
	0,9 < V <sub>h</sub> < 1,2	2013	5,4	0,12	5,0
	1,2 < V <sub>h</sub> < 2,5	2014	5,6	0,11 <sup>C</sup>	5,0
	2,5 < V <sub>h</sub> < 3,5	2013	5,6	0,11 <sup>C</sup>	5,0
	3,5 < V <sub>h</sub> < 7	2012	5,8	0,11 <sup>C</sup>	5,0

<sup>A</sup> Motoren mit einer Leistung < 75 kW und einem Zylindervolumen ≥ 0,9 Liter/Zylinder müssen den Grenzwerten der Kategorie 75–3700 kW entsprechen

<sup>B</sup> Option: PM 0,2 g/kWh; NO<sub>x</sub> 5,8 g/kWh ab 2014

<sup>C</sup> Für Motoren < 600 kW fällt dieser Wert auf 0.10 g/kWh ab 2018

<sup>D</sup> Die Tier 3 NO<sub>x</sub>+HC Grenzwerte gelten nicht für Motoren mit einer Leistung von 2000–3700 kW.

### Stufe 3 (Tier 3) für C1 Dieselmotoren in kommerziellen und Freizeitschiffen (hohe Leistungsdichte, > 35 kW/l):

Leistung [kW]	Hubraum/Zylinder [L]	Baujahr	HC+NO <sub>x</sub> g/kWh	PM g/kWh	CO g/kWh
<19	< 0,9	2009	7,5	0,40	5,0
19–75	< 0,9 <sup>A</sup>	2009	7,5	0,30	5,0
		2014	4,7 <sup>B</sup>	0,30 <sup>B</sup>	5,0
75–3700	< 0,9	2012	5,8	0,15	5,0
	0,9 < V <sub>h</sub> < 1,2	2013	5,8	0,14	5,0
	1,2 < V <sub>h</sub> < 2,5	2014	5,8	0,12	5,0
	2,5 < V <sub>h</sub> < 3,5	2013	5,8	0,12	5,0
	3,5 < V <sub>h</sub> < 7	2012	5,8	0,11	5,0

<sup>A</sup> Motoren mit einer Leistung von < 75 kW und einem Zylindervolumen von ≥ 0,9 Liter/Zylinder müssen den Grenzwerten gemäß Kategorie 75–3700 kW entsprechen

<sup>B</sup> Option: PM 0,2 g/kWh; NO<sub>x</sub> 5,8 g/kWh ab 2014

### Stufe 3 (Tier 3) für C2<sup>A</sup> Dieselmotoren in Schiffen:

Leistung [kW]	Hubraum/Zylinder [L]	Baujahr	HC+NO <sub>x</sub> <sup>B</sup> g/kWh	PM g/kWh
<3700	7 < V <sub>h</sub> < 15	2013	6,2	0,14
	15 < V <sub>h</sub> < 20	2014	7,0	0,27 <sup>C</sup>
	20 < V <sub>h</sub> < 25	2014	9,8	0,27
	25 < V <sub>h</sub> < 30	2014	11,0	0,27

<sup>A</sup> Option für C2-Motoren: Tier 3 PM/NO<sub>x</sub>+HC bei 0.14/7.8 g/kWh ab 2012, und Tier 4 Grenzwerte ab 2015.

<sup>B</sup> Die Tier 3 Grenzwerte für NO<sub>x</sub>+HC gelten nicht für Motoren mit einer Leistung von 2000–3700 kW

<sup>C</sup> Für Motoren in dieser Gruppe mit einer Leistung von < 3300 kW gilt der Tier 3 PM-Grenzwert von 0.34 g/kWh

**Stufe 4 (Tier 4) für C1 und C2 Dieselmotoren in Schiffen<sup>E</sup>:**

Leistung [kW]	Baujahr	HC g/kWh	NO <sub>x</sub> g/kWh	PM g/kWh
≥ 3700	2014 <sup>C</sup>	0,19	1,8	0,12 <sup>A</sup>
	2016 <sup>B, C</sup>	0,19	1,8	0,06
2000 ≤ P < 3700	2014 <sup>C, D</sup>	0,19	1,8	0,04
1400 ≤ P < 2000	2016 <sup>C</sup>	0,19	1,8	0,04
600 ≤ P < 1400	2017 <sup>B</sup>	0,19	1,8	0,04

<sup>A</sup> Dieser Grenzwert beträgt für Motoren mit einem Zylinderhubvolumen von 15–30 Liter 0.25 g/kWh

<sup>B</sup> Optional können innerhalb dieser Baujahre andere Einhaltedaten genutzt werden (s. originalen Gesetzestext)

<sup>C</sup> Option für C2-Motoren: Tier 3 PM/NO<sub>x</sub>+HC bei 0.14/7.8 g/kWh ab 2012, und Tier 4 Grenzwerte ab 2015.

<sup>D</sup> Der Tier 3 PM-Grenzwert ist für diese Motoren nur für die Baujahre 2014 und 2015 anzuwenden.

<sup>E</sup> Dieselmotoren in Freizeitschiffen sind von der Stufe 4 ausgenommen.

- Prüfzyklus: ISO 8178-4, E2/E3/D2/C1 (entspr. Motorbetrieb).
- Prüfbedingung: Lufttemperatur 25°C / Wassertemperatur 25°C.
- Für Sportboote gilt Testzyklus E5 nach ISO 8178-4.
- NTE (Not to exceed): Ab 2007 dürfen die Emissionen in bestimmten Bereichen des Motorkennfeldes das 1,2- bis 1,5-fache des Zyklusgrenzwertes nicht überschreiten.
- ABT (Averaging, Banking and Trading): Emissionsguthaben (NO<sub>x</sub> +HC und Partikel) können ausgeglichen, angespart und gehandelt werden.
- Voluntary Standards: Motoren, die deutlich reduzierte Grenzwerte einhalten, dürfen das Label „Blue Sky Series“ tragen. Hierfür müssen sie bereits jetzt die Grenzwerte von Tier 3 einhalten oder falls Tier 3 nicht anwendbar ist, die Werte von Tier 2 um rund 40% unterschreiten.

## 12 SCHIFFE

### Türkei – Binnenschiffe

Die Emissionsgrenzwerte nach der Richtlinie 97/68/AT (Änderung durch 2004/26/AT) gelten für Antriebsmotoren von Binnenschiffen in türkischen Gewässern. Grenzwerte und Einteilung der Motoren entsprechen den Stufen in der europäischen Richtlinie 97/68/EG bzw. 2004/26/EG und der Stufe 2 (Tier 2) der US-EPA Binnenschiffsvorschrift. Der Einführungszeitpunkt ist für alle Kategorien einheitlich im Jahr 2010, d. h. 1 bzw. 3 Jahre später als in der europäischen Richtlinie vorgegeben.

Kategorie	Hubraum pro Zyl. Leistung	CO g/kWh	HC + NO <sub>x</sub> g/kWh	Partikel g/kWh	Datum
V 1:1	$V_{h,z} < 0,9 \text{ l}$ $P_n \geq 37 \text{ kW}$	5,0	7,5	0,4	2010
V 1:2	$0,9 \text{ l} \leq V_{h,z} < 1,2 \text{ l}$	5,0	7,2	0,3	2010
V 1:3	$1,2 \text{ l} \leq V_{h,z} < 2,5 \text{ l}$	5,0	7,2	0,2	2010
V 1:4	$2,5 \text{ l} \leq V_{h,z} < 5,0 \text{ l}$	5,0	7,2	0,2	2010
V 2:1	$5,0 \text{ l} \leq V_{h,z} < 15,0 \text{ l}$	5,0	7,8	0,27	2010
V 2:2	$15,0 \text{ l} \leq V_{h,z} < 20,0 \text{ l}$ $P_n < 3300 \text{ kW}$	5,0	8,7	0,5	2010
V 2:3	$15,0 \text{ l} \leq V_{h,z} < 20,0 \text{ l}$ $P_n \geq 3300 \text{ kW}$	5,0	9,8	0,5	2010
V 2:4	$20,0 \text{ l} \leq V_{h,z} < 25,0 \text{ l}$	5,0	9,8	0,5	2010
V 2:5	$25,0 \text{ l} \leq V_{h,z} < 30,0 \text{ l}$	5,0	11,0	0,5	2010

\* gilt für das Inverkehrbringen von Motoren

### Russland – Schiffe

Datum	Kohlenmonoxid CO [g/kWh]	Kohlenwasserstoffe HC [g/kWh]	NO <sub>x</sub> [g/kWh]
< 1. 1. 2000	6,0	2,4	17,0

Datum	Kohlenmonoxid CO [g/kWh]	Kohlenwasserstoffe HC [g/kWh]	n <sub>n</sub> 1/min	NO <sub>x</sub> [g/kWh]
≥ 1. 1. 2000	3,0	1,0	< 130	17,0
			130–2000	$45,0 \cdot n_n^{(-0,2)}$
			> 2000	9,8

## Weltbank – Allgemeine Gesundheitsanforderungen

Die Weltbankgruppe besteht aus fünf Organisationen, deren Kernaufgabe darin besteht, die wirtschaftliche Entwicklung von weniger entwickelten Mitgliedsländern durch finanzielle Hilfe, Beratung und technische Hilfe zu fördern.

Die Grenzwerte sind gültig für Kraftwerke mit einer Kapazität von 3–50 MW<sub>th</sub>. Die Grenzwerte gelten für motorbetriebene Kraftwerke (Gas- und Dieselmotoren) und sind bezogen auf trockenes Abgas mit 15 % Restsauerstoffgehalt.

Die Grenzwerte treten in Kraft, wenn in dem Land, in dem das Kraftwerk gebaut wird, keine nationalen Grenzwerte existieren bzw. wenn diese weniger streng sind als die der Weltbank.

NO<sub>x</sub>-Grenzwertboni werden für Kraftwerke mit hohem Wirkungsgrad (derzeit keine Definition von der Weltbank, wird projektbezogen festgelegt) gewährt. Die Grenzwerte gelten für Kraftwerke, die mehr als 500 Stunden im Jahr betrieben.

### Gasmotoren

Betriebsart	PM mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>	SO <sub>2</sub> mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>	NO <sub>x</sub> mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>
Fremdzündungsmodus	–	–	200
Dual-Fuel-Modus	–	–	400
Selbstzündungsmodus	–	–	1600

### Dieselmotoren

Bohrung [mm]	PM mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>	SO <sub>2</sub> mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>	NO <sub>x</sub> mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>
< 400	50 oder 100 <sup>A</sup>	1,5–3 % S <sup>B</sup>	1460
< 400 und hoher Wirkungsgrad			1600
≥ 400 mm			1850

<sup>A</sup> wenn durch projektspezifische Betrachtungen gerechtfertigt (z. B. Wirtschaftlichkeit oder Gebrauch von Kraftstoff mit geringem Ascheanteil oder Einsatz von Abgasnachbehandlung um 50 mg/m<sup>3</sup> zu erreichen)

<sup>B</sup> wenn durch projektspezifische Betrachtungen gerechtfertigt (z. B. Wirtschaftlichkeit oder Gebrauch von Kraftstoff mit geringem Schwefelanteil oder Einsatz von Abgasnachbehandlung, um Grenzwerte wie beim Einsatz von Kraftstoff mit 1,5 % Schwefel zu erreichen)

## 14 STATIONÄRE ANLAGEN

### Weltbank – branchenspezifische EHS-Richtlinien für Kraftwerke > 50 MW<sub>th</sub>

Die Grenzwerte sind gültig für Kraftwerke mit einer thermischen Kapazität von **mehr als 50 MW** und mehr als 500 Betriebsstunden im Jahr.

Falls sich nationale Grenzwerte von den EHS (Environmental Health and Safety)-Richtlinien unterscheiden, sollen die Projekte die jeweils strengeren Werte einhalten. Werden die Grenzwerte überschritten, wird eine detaillierte Begründung für die anlagenspezifische Umweltverträglichkeitsprüfung gefordert.

Es wird unterschieden zwischen Anlagen in

- **Degraded Airsheds (DA):** (Gebiete mit schlechter Luftqualität) keine nationalen Grenzwerte oder bei Nichteinhaltung bestehender nationaler Regelungen und
- **Non-degraded Airsheds (NDA)**

#### Anlagen in Degraded Airsheds (DA), Gebiete mit schlechter Luftqualität

Kraftstoff	Betriebsart <sup>B</sup> / Leistung [MW <sub>th</sub> ]	PM mg/m <sub>n</sub> <sup>3 A</sup>	S% <sup>C</sup>	NO <sub>x</sub> mg/m <sub>n</sub> <sup>3 A</sup>
Erdgas	SI	–	–	200
	CI/DF			400
Flüssige Kraftstoffe	50 ≤ P < 300	30	0,5	400
	P ≥ 300		0,2	
Andere gasförmige und Biokraftstoffe	SI, Erdgas	30	–	200
	Andere			400

<sup>A</sup> trockenes Abgas mindestens 15 % Restsauerstoff.

<sup>B</sup> SI=Spark Ignition, CI=Compression Ignition, DF=Dual Fuel

<sup>C</sup> S%=Schwefelgehalt im Kraftstoff

## Anlagen in Non-Degraded Airsheds

Kraftstoff/ Leistung [MW <sub>th</sub> ]	Betriebsart <sup>B</sup> / Bohrung [mm]	PM mg/m <sup>3</sup> <sup>A</sup>	SO <sub>2</sub> mg/m <sup>3</sup> <sup>A</sup>	NO <sub>x</sub> mg/m <sup>3</sup> <sup>A</sup>
Erdgas	SI	–	–	200
	CI, DF			400 <sup>C</sup>
Flüssige Kraftstoffe 50 ≤ P < 300	CI / < 400	50	1170 oder < 2% S <sup>D</sup>	1460
	CI / ≥ 400			1850
	DF			2000
Flüssige Kraftstoffe P ≥ 300	–	50	585 oder < 1% S <sup>D</sup>	740
Andere gasförmige und Biokraftstoffe	–	50	–	30% höhere Werte als für Erdgas und flüssige Kraftstoffe

<sup>A</sup> trockenes Abgas mindestens 15 % Restsauerstoff

<sup>B</sup> SI=Spark Ignition, CI=Compression Ignition, DF=Dual Fuel

<sup>C</sup> Kompressionsgezündete Motoren (CI) können unter Umständen andere Grenzwerte erfüllen, die im Rahmen der individuellen Umweltverträglichkeitsprüfung zu ermitteln sind.

<sup>D</sup> S%=Schwefelgehalt im Kraftstoff

## UN – ECE Göteborg-Protokoll

In der „Convention on Long-range Transboundary Air Pollution“, die 1979 verabschiedet wurde, werden für die Vertragsstaaten Obergrenzen für die Gesamtemission und NO<sub>x</sub>-Grenzwerte von Anlagen mit stationären Motoren festgelegt. Im Göteborg-Protokoll zur Vermeidung von Versauerung und Eutrophierung sowie des Entstehens von bodennahem Ozon (1999 verabschiedet, am 17. 5. 2005 in Kraft getreten) werden die Grenzwerte festgelegt. Vertragsstaaten sind unter anderem alle EU-Staaten, weitere Länder Ost-Europas sowie USA und Kanada.

## Grenzwerte (Anhang 5, Punkt 12)

Motortyp	Kraftstoff / Betriebsart	NO <sub>x</sub> mg/m <sup>3</sup>
Fremdzündung (Gasmotoren) MW <sub>th</sub> > 1	Magermotoren	250
	Sonstige	500
Kompressionszündung (Diesel / Dualfuel) MW <sub>th</sub> > 5	Erdgas (Zündstrahl)	500
	Schweröl	600
	Diesel oder Gasöl	500

## 16 STATIONÄRE ANLAGEN

- Für regenerative Gase wie Bio-, Klär- und Deponiegas gelten ebenfalls die Grenzwerte für Gasmotoren.
- Grenzwerte gelten nicht für Motoren, die weniger als 500 Stunden pro Jahr in Betrieb sind.
- Schadstoffgehalt bezieht sich auf trockenes Abgas mit 5 % Restsauerstoff.
- Wahlweise können die Vertragsstaaten andere Vorgaben machen, wenn insgesamt die gleichen Emissionswerte erreicht werden.

### EU – Richtlinie über Industrieemissionen

Seit dem 06.01.2011 ist die Industrial Emissions Directive (2010/75/EU) in Kraft. Geregelt werden unter anderem die Emissionen von Feuerungsanlagen mit einer Wärmeleistung von 50 MW und mehr.

#### Gasmotoren, $P \geq 50\text{MW}_{\text{th}}$

Kategorie	NO <sub>x</sub> *	CO*
	mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>	mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>
Genehmigung vor dem 07. 01. 2013 oder Antragsstellung vor dem 07. 01. 2013 für Inbetriebnahme ab 07 .01. 2014	100	100
Genehmigung oder Antragstellung nach dem 07. 01. 2013	75	100

\* Restsauerstoffgehalt 15%

- Ausgenommen sind Gasmotoren für den Notbetrieb (<500 h/a) und auf Off-Shore-Plattformen.
- Für Dieselmotoren wurden keine Grenzwerte veröffentlicht.
- Ab 2016 sind von den Mitgliedsstaaten die jährlichen Emissionen aller von der Richtlinie betroffenen Anlagen zu erfassen.

### Deutschland – Stationäre Anlagen

Die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) ist eine allgemeine Verwaltungsvorschrift der deutschen Bundesregierung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG). Sie enthält Grenzwerte für Emission und Immission von Schadstoffen aus stationären Anlagen und schreibt die entsprechenden Messverfahren und Berechnungsverfahren vor.

Der TA Luft unterliegen Anlagen mit Verbrennungsmotoren für den Einsatz von

- Altöl, Deponiegas unabhängig von der Leistung
- Biogas, Erdgas, Klärgas mit  $\text{MW}_{\text{th}} > 1$
- Anderen Kraftstoffen (Dieselkraftstoff) mit  $\text{MW}_{\text{th}} > 1$



- Die Emissionswerte beziehen sich auf trockenes Abgas mit 5 % Restsauerstoff.
- Staub bedeutet Gesamtstaub, einschließlich der Anteile an krebserzeugenden, erbgutverändernden oder reproduktionstoxischen Stoffen

## Gasmotoren

Gasart	Motorart	MW <sub>th</sub>	CO	NO <sub>x</sub>
			mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>	mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>
Erdgas	Magergasmotor		300	500
	Sonstige		300	250
Grubengas	Magergasmotor		650	500
	Sonstige		650	250
Bio-/Klärgas	Zündstrahl	< 3	2000	1000
		≥ 3	650	500
	Fremdzündung	< 3	1000	500
		≥ 3	650	500
Deponiegas	Magergasmotor		650	500
	Sonstige		650	250

## Dieselmotoren (Selbstzündungsmotoren)

MW <sub>th</sub>	Staub mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>	CO mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>	NO <sub>x</sub> mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>
< 3	20	300	1000
≥ 3	20	300	500

- Grenzwerte gelten für bestimmungsgemäßen Betrieb (meist Nennleistung)
- Verbrennungsmotoranlagen, die ausschließlich dem Notantrieb dienen, oder bis zu 300 Stunden pro Jahr zur Abdeckung der Spitzenlast (z. B. bei der Stromerzeugung, der Gas- oder Wasserversorgung) betrieben werden, haben einen Staubgrenzwert von 80 mg/m<sub>n</sub><sup>3</sup>. Die Grenzwerte für NO<sub>x</sub>- und CO-Emissionen gelten dann nicht.
- Bei Zweitaktmotoren gilt ein NO<sub>x</sub>-Grenzwert von 800 mg/m<sub>n</sub><sup>3</sup>.
- Die Grenzwerte für Formaldehyd im Abgas von Biogasmotoren wurden verschärft und dürfen ab 1. 1.2009 nicht über 40 mg/m<sub>n</sub><sup>3</sup> liegen. Für andere Motoren gelten weiterhin 60 mg/m<sub>n</sub><sup>3</sup>.

## 18 STATIONÄRE ANLAGEN

### Belgien

Das belgische Gesetz Vlaem 2 regelt die Emissionen von stationären Motorenanlagen in Abhängigkeit von den Betriebsstunden. Unterschieden wird außerdem in Motoren, die vor dem 31. 12. 2007 und nach dem 1. 1. 2008 installiert wurden. Die Emissionsgrenzwerte sind in  $\text{mg}/\text{m}_n^3$  angegeben und auf 5 % Restsauerstoff bezogen.

**Stationäre Fremdzündungsmotoren, die vor dem 31. 12. 2007 installiert wurden und mindestens 360 Stunden pro Jahr betrieben werden:**

Kategorie Gasmotor	Motorleistung [ $\text{MW}_{\text{th}}$ ]	$\text{NO}_x$ $\text{mg}/\text{m}_n^3$	CO $\text{mg}/\text{m}_n^3$	Organische Substanzen
Erstzulassung vor dem 1. 1. 1993 erteilt	–	–	2600	–
Erstzulassung zwischen dem 1. 1. 1993 und dem 1. 1. 2000 erteilt	–	$2600 \cdot \eta / 30$	1300	–
Erstzulassung zwischen dem 1. 1. 2000 und dem 1. 1. 2005 erteilt	–	$500 \cdot \eta / 30$	650	–
Erstzulassung am oder nach dem 1. 1. 2005 erteilt	1	$500 \cdot \eta / 30$	650	150
	> 1	500	650	150

**Stationäre Fremdzündungsmotoren, die nach dem 01. 01. 2008 installiert wurden und mindestens 360 Stunden pro Jahr betrieben werden:**

Kategorie Gasmotor	Motorleistung [ $\text{MW}_{\text{th}}$ ]	$\text{NO}_x$ $\text{mg}/\text{m}_n^3$	CO $\text{mg}/\text{m}_n^3$	Organische Substanzen
Erstzulassung vor dem 1. 1. 2000 erteilt	–	$1300 \cdot \eta / 30^*$	1300	–
Erstzulassung zwischen dem 1. 1. 2000 und dem 1. 1. 2005 erteilt	–	$500 \cdot \eta / 30$	650	150
Erstzulassung am oder nach dem 1. 1. 2005 erteilt	1	$500 \cdot \eta / 30$	650	150
	> 1	500	650	150

\* nicht anzuwenden für Gasmotoren mit einer Erstzulassung vor 01. 01. 1993

**Selbstzündungsmotoren, die vor dem 31. 12. 2007 installiert wurden und mindestens 360 Stunden pro Jahr betrieben werden:**

Kategorie Dieselmotor	Motorleistung [MW <sub>th</sub> ]	Staub mg/m <sup>3</sup>	SO <sub>2</sub> mit Gasöl* %	SO <sub>2</sub> mit Heizöl* %	NO <sub>x</sub> mg/m <sup>3</sup>	CO mg/m <sup>3</sup>	Organische Substanzen mg/m <sup>3</sup>
Erstzulassung vor 1. 1. 1993 erteilt	≥ 0,3	–	0,2	1,00	–	2600	–
Erstzulassung zwischen 1. 1. 1993 und 1. 1. 2000 erteilt	≥ 0,3	200	0,2	1,00	4000	1000	–
Erstzulassung zwischen 1. 1. 2000 und 1. 1. 2005 erteilt	0,3–3	50	0,2		4000	650	–
	≥ 3	50	0,2		2000	650	–
Erstzulassung am oder nach 1. 1. 2005 erteilt	0,3–3	50	0,2		1000	650	150
	≥ 3	50	0,2		500	650	150

\* Maximaler Schwefelgehalt im Kraftstoff (in Massen-%)

**Selbstzündungsmotoren, die nach dem 1. 1. 2008 installiert wurden und mindestens 360 Stunden pro Jahr betrieben werden:**

Kategorie Dieselmotor	Motorleistung [MW <sub>th</sub> ]	Staub	SO <sub>2</sub> mit Gasöl*	SO <sub>2</sub> mit Heizöl*	NO <sub>x</sub> mg/m <sup>3</sup>	CO	Organische Substanzen mg/m <sup>3</sup>
		mg/m <sup>3</sup>	%	%		mg/m <sup>3</sup>	
Erstzulassung vor 1. 1. 1993 erteilt	≥ 0,3	300	0,1	0,60	5000	1500	–
Erstzulassung zwischen 1. 1. 1993 und 1. 1. 2000 erteilt	≥ 0,3	200	0,1	0,60	4000	1000	–
Erstzulassung zwischen 1. 1. 2000 und 1. 1. 2005 erteilt	0,3–3	50	0,1		4000	650	–
	≥ 3	50	0,1		500	650	150
Erstzulassung am oder nach 1. 1. 2005 erteilt	0,3–3	50	0,1		1000	650	150
	≥ 3	50	0,1		500	650	150

\* Maximaler Schwefelgehalt im Kraftstoff (in Massen-%)

**Stationäre Fremdzündungsmotoren, die vor dem 31. 12. 2007 installiert wurden und weniger als 360 Stunden pro Jahr betrieben werden:**

Kategorie Gasmotor	NO <sub>x</sub> mg/m <sup>3</sup>	CO mg/m <sup>3</sup>
Erstzulassung vor 1. 1. 2000 erteilt	–	2600
Erstzulassung am oder nach dem 1. 1. 2000 erteilt	500·η/30	650

## 20 STATIONÄRE ANLAGEN

**Stationäre Fremdzündungsmotoren, die nach dem 1. 1. 2008 installiert wurden und weniger als 360 Stunden pro Jahr betrieben werden:**

Kategorie Gasmotor	NO <sub>x</sub> mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>	CO mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>	Organische Substanzen
Erstzulassung vor dem 1. 1. 2000 erteilt	1300·η/30 *	1300	–
Erstzulassung am oder nach dem 1. 1. 2000 erteilt	500·η/30	650	150

\* Gasmotoren, die ihre Erstzulassung vor dem 1. 1. 1993 erhalten haben, ist ein NO<sub>x</sub> Grenzwert von 10000 mg/m<sub>n</sub><sup>3</sup> erlaubt

**Selbstzündungsmotoren, die vor dem 31. 12. 2007 installiert wurden und weniger als 360 Stunden pro Jahr betrieben werden:**

Kategorie Dieselmotor	Motorleistung [MW <sub>th</sub> ]	Staub	SO <sub>2</sub> mit Gasöl*	SO <sub>2</sub> mit Heizöl*	NO <sub>x</sub> mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>	CO mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>
		mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>	%	%		
Erstzulassung vor dem 1. 1. 2000 erteilt	≥ 0,3	300	0,2	1,00	–	1500
Erstzulassung am oder nach dem 1. 1. 2000 erteilt	0,3–3	50	0,2		4000	650
	≥ 3	50	0,2		2000	–

\* Maximaler Schwefelgehalt im Kraftstoff (in Massen-%)

**Selbstzündungsmotoren, die nach dem 1. 1. 2008 installiert wurden und weniger als 360 Stunden pro Jahr betrieben werden:**

Kategorie Dieselmotor	Motorleistung [MW <sub>th</sub> ]	Staub	SO <sub>2</sub> mit Gasöl*	SO <sub>2</sub> mit Heizöl*	NO <sub>x</sub> mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>	CO mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>
		mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>	%	%		
Erstzulassung vor dem 1. 1. 2000 erteilt	≥ 0,3	300	0,1	0,60	–	1500
Erstzulassung am oder nach dem 1. 1. 2000 erteilt	0,3–3	50	0,1		4000	650
	≥ 3	50	0,1		2000	–

\* Maximaler Schwefelgehalt im Kraftstoff (in Massen-%)

## Finnland

Die Emissionsrichtlinie der finnischen Umweltschutzbehörde vom Oktober 2003 gibt Grenzwerte für  $\text{SO}_2$ -,  $\text{NO}_x$ - und Partikelemissionen von **kleinen Verbrennungskraftwerken** vor, die durch Verwendung von so genannten „besten verfügbaren Techniken“ erreicht werden sollen. Ein kleines Verbrennungskraftwerk im Sinne dieser Regelung ist eine Kraftwerkseinheit aus einer oder mehreren Verbrennungskomponenten (Dampfkessel, Motoren, Gasturbinen) an einer Stelle mit  $\text{MW}_{\text{th}} < 50$  und einer Abgasabführung durch einen gemeinsamen Kamin. Diese Richtlinie stellt **kein Gesetz** dar, sondern **nur eine Empfehlung**, da in Finnland lokale Behörden die Betriebserlaubnis für Kraftwerke dieser Größe vergeben. Die Behörden sollen sich an den nachfolgenden Grenzwerten orientieren. Alle Grenzwerte beziehen sich auf einen Restsauerstoffgehalt von 15 %.

### Grenzwerte für neue Diesel- und Gasmotoren

Motorart	$\text{NO}_x$ Primärmeth.		$\text{NO}_x$ Sekundärmeth.		$\text{SO}_2$		Partikel	
	mg/MJ	mg/m <sup>3</sup>	mg/MJ	mg/m <sup>3</sup>	mg/MJ	mg/m <sup>3</sup>	mg/MJ	mg/m <sup>3</sup>
Öldiesel	< 1400 <sup>A</sup>	< 1600 <sup>A</sup>	< 650 <sup>B</sup>	< 750 <sup>B</sup>	< 500	< 600	< 50	< 60
Gasdiesel	< 1400 <sup>A</sup>	< 1600 <sup>A</sup>	< 650 <sup>B</sup>	< 750 <sup>B</sup>				
Fremdtdg.	< 150	< 175						
Dualfuel	< 150	< 175						

<sup>A</sup> Primärmethoden: innermotorische Maßnahmen (für normale Bereiche)

<sup>B</sup> Sekundärmethoden: außermotorische Maßnahmen (für spezielle Bereiche, z. B. städtische Umgebung)

### Grenzwerte für bereits existierende Diesel- und Gasmotoren

Motorart	$\text{NO}_x$		$\text{SO}_2$		Partikel	
	mg/MJ	mg/m <sup>3</sup>	mg/MJ	mg/m <sup>3</sup>	mg/MJ	mg/m <sup>3</sup>
Öldiesel	< 2000	< 2300	< 500	< 600	< 60	< 70
Gasdiesel	< 1500	< 1750				
Fremdtdg.	< 160	< 185				
Dualfuel	< 160	< 185				

Es gibt keine spezifischen Testzyklen, die Grenzwerte sind für 100 % Last gegeben als höchstens gemessene Werte oder als Werte, die erreicht werden können, wenn die Emissionsreduktion auf einer „besten verfügbaren Technik“ basiert.

## 22 STATIONÄRE ANLAGEN

### Frankreich

Das französische Arrêté 2910 legt Grenzwerte für stationäre Diesel- und Gasmotoren fest.

#### Grenzwerte

Betriebsdauer h/Jahr	Leistung MW <sub>th</sub>	NO <sub>x</sub> mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>			CO mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>	NMHC mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>	Staub mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>
		Erd- gas	Flüssig- kraftstoff	Dual- fuel			
> 500	20–100	350	1000	1000	650	150	100
	> 100	250	600	750	650	150	100
≤ 500	20–100	875	2500	2500	650	150	100
	> 100	625	1500	1875	650	150	100

- Die Grenzwerte beziehen sich auf trockenes Abgas mit einem Restsauerstoffanteil von 5 %.
- Für Anlagen, die weniger als 500 Stunden pro Jahr betrieben werden, gilt ein um den Faktor 2,5 höherer NO<sub>x</sub>-Grenzwert.
- Wird die Anlage als Kraft-Wärme-Kopplungsanlage eingesetzt, kann der jeweilige Tabellenwert für NO<sub>x</sub> um weitere 30 mg/m<sub>n</sub><sup>3</sup> überschritten werden.
- Für Anlagen, die vor dem 4. 12. 2000 freigegeben wurden und Flüssigkraftstoff verbrauchen, beträgt der NO<sub>x</sub>-Grenzwert unabhängig von der Leistung der Anlage 1900 mg/m<sub>n</sub><sup>3</sup>.
- Für Anlagen, die vor dem 4. 12. 2000 freigegeben wurden und Erdgas verbrauchen, kann der Verantwortliche der zuständigen Aufsichtsbehörde einen NO<sub>x</sub>-Grenzwert von höchstens 500 mg/m<sub>n</sub><sup>3</sup> festlegen, wenn der Anlagenbetreiber durch eine technisch-wirtschaftliche Untersuchung nachweist, dass es unmöglich ist, die oben angegebenen NO<sub>x</sub>-Grenzwerte zu erreichen.
- Im Falle eines Einsatzes von speziellen Brennstoffen (wie z. B. Biogas, Kokereigas) kann der Verantwortliche der zuständigen Aufsichtsbehörde die maximalen Grenzwerte gesondert festlegen.
- Der Grenzwert für VOC im Abgas beträgt für Anlagen, die eine Leistung von mehr als 50 MW<sub>th</sub> und einen Massenstrom von organischen Verbindungen von mehr als 0,1 kg/h aufweisen, 20 mg/m<sub>n</sub><sup>3</sup>.

#### Grenzwerte für Schwefeloxid

Kraftstoff	Erdgas	Heizöl	Schweröl
SO <sub>2</sub> Grenzwert [mg/ m <sub>n</sub> <sup>3</sup> ]	35	300	1500

## Indien

Zuständig für die Emissionsgesetzgebung ist die zentrale Umweltschutzbehörde, die dem Ministerium für Umwelt und Forst unterstellt ist. Behandelt werden hier Dieselmotoren, die zur Stromerzeugung eingesetzt werden.

### Grenzwerte für Motoren bis 800 kW Leistung

Motorleistung	Einführung	NO <sub>x</sub> g/kWh	HC g/kWh	CO g/kWh	PM g/kWh	Rauchtrübung* m <sup>-1</sup>
≤ 19 kW	1. 7. 2005	9,2	1,3	3,5	0,3	0,7
19–50 kW	1. 1. 2004	9,2	1,3	5	0,5	0,7
	1. 7. 2004	9,2	1,3	3,5	0,3	0,7
50–176 kW	1. 1. 2004	9,2	1,3	3,5	0,3	0,7
176–800 kW	1. 11. 2004	9,2	1,3	3,5	0,3	0,7

\* Lichtabsorptionskoeffizient gemessen bei Volllast. Alle anderen Werte gemessen nach Testzyklus ISO 8178-4 D2, 5-Mode

### Grenzwerte für Motoren über 800 kW Leistung

Auftragsdatum	NO <sub>x</sub> ppmV	NMHC mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>	CO mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>	PM mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>
Vor dem 1. 7. 2003	1100	150	150	75
Zwischen 1. 7. 2003 und 1. 7. 2005	970	100	150	75
Nach dem 1. 7. 2005	710	100	150	75

Bei folgenden zwei Agenturen lässt sich eine Typgenehmigung durchführen:

- Automotive Research Association of India, Pune
- Vehicle Research and Development Establishment, Ahmednagar

Die Emissionsgrenzwerte beziehen sich auf einen Sauerstoffgehalt von 15 %

## 24 STATIONÄRE ANLAGEN

### Italien

#### Verbrennungsmotoren < 50 MW<sub>th</sub>

Motorart	MW <sub>th</sub>	PM mg/ m <sub>n</sub> <sup>3</sup>	CO mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>	NO <sub>x</sub> mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>
Selbstzündung	P < 3	130	650	4000
	P ≥ 3	130	650	200
Andere 4-Takter		130	650	500
Andere 2-Takter		130	650	800

- Die Emissionswerte beziehen sich Restsauerstoffgehalt von 5 % im Abgasstrom.
- Die Werte gelten nicht für Notstromaggregate und andere Stationärmotoren im Notfalleinsatz.

#### Verbrennungsmotoren ≥ 50 MW<sub>th</sub>

Kraftstoff		MW <sub>th</sub>	PM	CO	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
			mg/ m <sub>n</sub> <sup>3</sup>	mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>	mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>	mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>
Flüssig		50 ≤ P < 100	50	650	850	400
		100 ≤ P ≤ 300	30	650	500-P	200
		P > 300	30	650	200	200
Gasförmig	Erdgas	50 ≤ P < 100	5	650	35	150
		100 ≤ P ≤ 300	5	650	35	150
		P > 300	5	650	35	100
	Flüssiggas	P > 50	5	650	5	200
	Sonst. Gase	P > 50	5	650	35	200

- Die Emissionswerte beziehen sich Restsauerstoffgehalt von 3 % im Abgasstrom.



## Japan

### Dieselmotoren

Bohrung mm	NO <sub>x</sub> ppm (13 % O <sub>2</sub> )	NO <sub>x</sub> mg/m <sup>3</sup> (5 % O <sub>2</sub> )	Partikel mg/m <sup>3</sup> (13 % O <sub>2</sub> )	Partikel mg/m <sup>3</sup> (5 % O <sub>2</sub> )
< 400	950	3900	100*	200
≥ 400	1200	4900	100*	200

\* in speziellen Gebieten 80 mg/m<sup>3</sup> (13 % O<sub>2</sub>)

- Anlagen mit Dieselmotoren und einem Kraftstoffeinsatz > 50 l/h
- Lokal können niedrigere Werte gelten (Tokio: NO<sub>x</sub> = 470 mg/m<sup>3</sup>)

### Gasmotoren

NO <sub>x</sub> ppm (0 % O <sub>2</sub> )	NO <sub>x</sub> mg/m <sup>3</sup> (5 % O <sub>2</sub> )	Partikel mg/m <sup>3</sup> (0 % O <sub>2</sub> )	Partikel mg/m <sup>3</sup> (5 % O <sub>2</sub> )
600	940	50*	38

\* in speziellen Gebieten 40 mg/m<sup>3</sup> (0 % O<sub>2</sub>)

- Lokal können niedrigere Grenzwerte gelten!  
(Beispiel Tokyo: NO<sub>x</sub> = 310 mg/m<sup>3</sup> [5 % O<sub>2</sub>])
- Anlagen mit Gasmotoren und einem Kraftstoffeinsatz > 35 l/h

## Niederlande

Das BEMS trat am 1. April 2010 für mittelgroße Anlagen (1 MW<sub>th</sub> < p < 50 MW<sub>th</sub>) mit mehr als 500 Betriebsstunden pro Jahr in Kraft. Es ersetzt BEES B, während BEES A für Anlagen größer 50 MW<sub>th</sub> weiterhin gilt. Bestehende Anlagen müssen die Grenzwerte ab 1. Januar 2017 einhalten oder ab dem Zeitpunkt einer Überarbeitung.

Kraftstoff	Leistung MW <sub>th</sub>	NO <sub>x</sub> mg/m <sup>3</sup>	SO <sub>2</sub> mg/m <sup>3</sup>	Partikel mg/m <sup>3</sup>	HC mg/m <sup>3</sup>
Diesel	1 – 50	450	200	50	–
Biogas	1 – 50	340	200	–	–
Erdgas	< 2,5	340	200	–	–
	> 2,5	100	200	–	1500

- Offshore-Anlagen und Motoren deren CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Gewächshäusern genutzt wird (OCAP – organic carbon dioxide assimilation for plants) ab 2019.
- Alle Grenzwerte beziehen sich auf einen Restsauerstoffgehalt von 3% im Abgas.

### Russland – Industriemotoren

Datum	Kohlenmonoxid CO [g/kWh]	Kohlenwasserstoffe HC [g/kWh]	NO <sub>x</sub> [g/kWh]
< 1. 1. 2000	6,0	2,4	16,0
≥ 1. 1. 2000	3,0	1,0	10,0

### Schweiz

Nach der Luftreinhalteverordnung vom 16.12.1985 (Stand 12. 7. 2005) gelten für stationäre Verbrennungsmotoren mit einer thermischen Leistung größer 100 kW folgende Emissionsgrenzwerte:

Brennstoff	NO <sub>x</sub> mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>	CO mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>	Staub mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>
Gasbrennstoff*	400	650	50
Andere Brennstoffe	250	650	50

\* Biogas, Klärgas, Deponiegas, Erdgas

- Schadstoffgehalt bezieht sich auf trockenes Abgas mit 5 % Restsauerstoff
- Für Verbrennungsmotoren von Notstromgruppen, die während höchstens 50 Stunden pro Jahr betrieben werden, gelten diese Grenzwerte nicht
- Vorgaben für die bei stationären Verbrennungsmotoren zu verwendenden Brenn- und Treibstoffe sind zu beachten.

## Tschechische Republik

Die aktuelle tschechische Gesetzgebung für Stationärmotoren ist mit der Verordnung 146/2007 Coll. aktualisiert worden. Die neuen Grenzwerte in der Verordnung traten am 1. 1. 2008 in Kraft. Das Emissionsgesetz regelt Altanlagen, die vor dem 17. 5. 2006 entwickelt worden sind, und weiterhin Neuanlagen, deren Konstruktion und Entwicklung nach dem 17. 5. 2006 begonnen wurde.

### Altanlagen, deren Konstruktion vor dem 17. 5. 2006 begonnen wurde:

Motortyp/ Leistungskategorie	Kraftstoff	SO <sub>2</sub> mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>	NO <sub>x</sub> mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>	SP mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>	ΣC mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>	CO mg/m <sub>n</sub> <sup>3</sup>
Fremdzündung 0,2–1 MW <sub>th</sub>	flüssig	<sup>B</sup>	500	130	–	650
	Erdgas	<sup>B</sup>	500	–	–	650
	Biogas, Deponiegas	<sup>B</sup>	1000	130	–	1300
Selbstzündung 0,2–1 MW <sub>th</sub>	Schweröl, Gasöl	<sup>B</sup>	4000	130	–	650
	Erdgas, degasifying gas <sup>C</sup>	<sup>B</sup>	4000	130	–	650
Fremdzündung < 1–5 MW <sub>th</sub>	flüssig	<sup>B</sup>	500	130	150 <sup>A</sup>	650
	Erdgas	<sup>B</sup>	500	–	150 <sup>A</sup>	650
	Biogas, Deponiegas	<sup>B</sup>	1000	130	150 <sup>A</sup>	1300
Selbstzündung > 1–5 MW <sub>th</sub>	Schweröl, Gasöl	<sup>B</sup>	4000	130	150 <sup>A</sup>	650
	Erdgas degasifying gas <sup>C</sup>	<sup>B</sup>	4000	130	150 <sup>A</sup>	650
Fremdzündung > 5 MW <sub>th</sub>	flüssig	<sup>B</sup>	500	130	150 <sup>A</sup>	650
	Erdgas	<sup>B</sup>	500	–	150 <sup>A</sup>	650
	Biogas, Deponiegas	<sup>B</sup>	500	130	150 <sup>A</sup>	650
Selbstzündung > 5 MW <sub>th</sub>	Schweröl, Gasöl	<sup>B</sup>	2000	130	150 <sup>A</sup>	650
	Erdgas degasifying gas <sup>C</sup>	<sup>B</sup>	2000	130	150 <sup>A</sup>	650

<sup>A</sup> Gesamtkonzentration aller organischen Substanzen außer Methan mit Massenstrom > 3 kg/h

<sup>B</sup> Der Schwefelanteil im Kraftstoff soll den Grenzwert gemäß gesonderter Gesetzgebung nicht überschreiten. Für selbstzündende Motoren soll der Schwefelanteil 0,05 % Masse nicht überschreiten

<sup>C</sup> Mit Wassereinspritzung

## 28 STATIONÄRE ANLAGEN

Neuanlagen, deren Konstruktion nach dem 17. 5. 2006 begonnen wurde:

Motortyp/Leistungskategorie	Kraftstoff	SO mg/m <sup>3</sup>	NO <sub>x</sub> mg/m <sup>3</sup>	SP mg/m <sup>3</sup>	ΣC mg/m <sup>3</sup>	CO mg/m <sup>3</sup>
Fremdzündung 0,2–1 MW <sub>th</sub>	flüssig	<sup>c</sup>	500	130	<sup>B</sup>	650
	Erdgas	<sup>c</sup>	500	–	<sup>B</sup>	650
	Biogas, Deponiegas	<sup>c</sup>	1000	130	<sup>B</sup>	1300
Selbstzündung 0,2–1 MW <sub>th</sub>	Schweröl	<sup>c</sup>	4000	130	<sup>B</sup>	650
	Gasöl	<sup>c</sup>	4000	130	<sup>B</sup>	650
	Erdgas, degasifying gas <sup>D</sup>	<sup>c</sup>	4000	130	<sup>B</sup>	650
Fremdzündung > 1–5 MW <sub>th</sub>	flüssig	<sup>c</sup>	500 <sup>A</sup>	130	150 <sup>B</sup>	650
	Erdgas	<sup>c</sup>	500 <sup>A</sup>	–	150 <sup>B</sup>	650
	Biogas, Deponiegas	<sup>c</sup>	500 <sup>A</sup>	130	150 <sup>B</sup>	1300
Selbstzündung > 1–5 MW <sub>th</sub>	Schweröl	<sup>c</sup>	600 <sup>A</sup>	130	150 <sup>B</sup>	650
	Gasöl	<sup>c</sup>	500 <sup>A</sup>	130	150 <sup>B</sup>	650
	Erdgas, degasifying gas <sup>D</sup>	<sup>c</sup>	500 <sup>A</sup>	130	150 <sup>B</sup>	650
Fremdzündung > 5 MW <sub>th</sub>	flüssig	<sup>c</sup>	500 <sup>A</sup>	130	150 <sup>A</sup>	650
	Erdgas	<sup>c</sup>	500 <sup>A</sup>	–	150 <sup>A</sup>	650
	Biogas, Deponiegas	<sup>c</sup>	500 <sup>A</sup>	130	150 <sup>A</sup>	650
Selbstzündung > 5 MW <sub>th</sub>	Schweröl	<sup>c</sup>	600 <sup>A</sup>	130	150 <sup>A</sup>	650
	Gasöl	<sup>c</sup>	500 <sup>A</sup>	130	150 <sup>A</sup>	650
	Erdgas, degasifying gas <sup>D</sup>	<sup>c</sup>	500 <sup>A</sup>	130	150 <sup>A</sup>	650

<sup>A</sup> Der Emissionsgrenzwert für NO<sub>x</sub> gilt seit dem 1. 1. 2008. Der Emissionsgrenzwert soll nicht bei Motoren zur Anwendung kommen, die weniger als 500 Stunden pro Jahr in Betrieb sind.

<sup>B</sup> Gesamtkonzentration aller organischen Substanzen außer Methan mit Massenstrom > 3 kg/h.

<sup>C</sup> Der Schwefelanteil im Kraftstoff soll den Grenzwert gemäß gesonderter Gesetzgebung nicht überschreiten. Für selbstzündende Motoren soll der Schwefelanteil 0,05 % Masse nicht überschreiten.

<sup>D</sup> Mit Wassereinspritzung

## USA – Stationäre Dieselmotoren

Die EPA hat am 11. 7. 2006 ein neues Gesetz für stationäre Dieselmotoren veröffentlicht (40 CFR Parts 60, 85 et al. Standards of Performance for Stationary Compression Ignition Internal Combustion Engines). Es ist am 11. 9. 2006 in Kraft getreten.

### Dieselmotoren < 10 Liter Hubraum je Zylinder (Baujahr ab 2007 mit ≤ 3000 bhp und Baujahr ab 2011 mit > 3000 bhp)

Maximale Motorleistung [kW]	Baujahr	NMHC + NO <sub>x</sub>	NMHC	NO <sub>x</sub>	CO	Partikel
		g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh
< 8	2007	7,5	–	–	8	0,80
	2008+	–	–	–	–	0,40
8 ≤ P < 19	2007	–	–	–	6,6	0,80
	2008+	–	–	–	–	0,40
19 ≤ P < 37	2007	7,5	–	–	5,5	0,60
	2008–2012	–	–	–	–	0,30
	2013+	4,7	–	–	–	0,03
37 ≤ P < 56	2007	7,5	–	–	5	0,40
	2008–2012	4,7	–	–	–	0,30 <sup>A</sup>
	2013+	–	–	–	–	0,03
56 ≤ P < 75	2007	7,5	–	–	–	0,40
	2008–2011	4,7	–	–	–	–
	2012–2013	–	0,19 <sup>B</sup>	0,40 <sup>B</sup>	5	0,02
	2014	–	0,19	0,40	5	0,02
75 ≤ P < 130	2007	4,0	–	–	–	0,30
	2008–2011	4,0	–	–	–	0,30
	2012–2013	–	0,19 <sup>B</sup>	0,40 <sup>B</sup>	5	0,02
	2014	–	0,19	0,40	5	0,02
130 ≤ P < 560	2007–2010	4,0	–	–	3,5	0,20
	2011–2013	–	0,19 <sup>B</sup>	0,40 <sup>B</sup>	–	0,02
	2014	–	0,19	0,40	–	0,02
> 560	2007–2010	6,4	–	–	3,5	0,20
Except generator sets	2011–2014	–	0,40	3,5	–	0,10
	2015+	–	0,19	3,5	–	0,04
Generator sets 560 < P ≤ 900	2007–2010	6,4	–	–	3,5	0,20
	2011–2014	–	0,40	3,5	–	0,10
	2015+	–	0,19	0,67	–	0,03
Generator sets P > 900	2007–2010	6,4	–	–	3,5	0,20
	2011–2014	–	0,40	0,67	–	0,10
	2015+	–	0,19	–	–	0,03

<sup>A</sup> Der Motorenhersteller hat die Wahl, den PM-Wert 0,30 g/kWh für alle 37 bis 56-kW-Motoren auszulassen. Der PM-Wert in Höhe von 0,03 g/kWh würde dann für alle Motoren mit 37–56 kW ein Jahr früher, nämlich 2012, in Kraft treten. Der Tier-3-Grenzwert (0,40 g/kWh) wäre dann bis 2012 gültig.

<sup>B</sup> 50 % der produzierten Motoren müssen den NO<sub>x</sub>+NMHC-Grenzwert einhalten und 50 % müssen separate NO<sub>x</sub>- und NMHC-Grenzwerte einhalten.

- Die Grenzwerte gelten für Dieselmotoren, die nicht im Notfall zum Einsatz kommen

## 30 STATIONÄRE ANLAGEN

### Dieselmotoren < 10 Liter Hubraum je Zylinder (Herstelljahr vor 2007 und Herstelljahre 2007–2010 mit >3000 bhp)

Maximale Motorleistung [kW]	NMHC + NO <sub>x</sub>	NMHC	NO <sub>x</sub>	CO	Partikel
	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh
< 8	10,5	–	–	8,00	1,00
8 ≤ P < 19	9,5	–	–	6,60	0,80
19 ≤ P < 37	9,5	–	–	5,50	0,80
37 ≤ P < 56	–	–	9,20	–	–
56 ≤ P < 75	–	–	9,20	–	–
75 ≤ P < 130	–	–	9,20	–	–
130 ≤ P < 225	–	1,30	9,20	11,40	0,54
225 ≤ P < 450	–	1,30	9,20	11,40	0,54
450 ≤ P ≤ 560	–	1,30	9,20	11,40	0,54
P > 560	–	1,30	9,20	11,40	0,54

### Dieselmotoren 10–30 Liter Hubraum je Zylinder (Herstelljahr ab 2007)

Zylinderhubvolumen [L] Leistung [kW]	THC + NO <sub>x</sub> g/kWh	CO g/kWh	Partikel g/kWh
5 ≤ V <sub>H</sub> ≤ 15 Alle Leistungsbereiche	7,8	5,0	0,27
15 ≤ V <sub>H</sub> ≤ 20 P < 3300 kW	8,7	5,0	0,50
15 ≤ V <sub>H</sub> ≤ 20 P ≥ 3300 kW	9,8	5,0	0,50
20 ≤ V <sub>H</sub> ≤ 25 Alle Leistungsbereiche	9,8	5,0	0,50
25 ≤ V <sub>H</sub> ≤ 30 Alle Leistungsbereiche	11,0	5,0	0,50

US EPA veröffentlichte am 28. Juni 2011 Änderungen der „new source performance standards (NSPS)“ für neue Dieselmotoren. (US EPA, 40 CFR Parts 60, 1039, 1042, 1065, 1068)

### Erste Stufe für Dieselmotoren mit einem Hubraum von 10–30 Liter je Zylinder

Zylinderhubvolumen [L]	Maximale Motorleistung [kW]	PM	NO <sub>x</sub> + HC	Herstelljahr
		g/kWh	g/kWh	
10 ≤ V <sub>H</sub> ≤ 15	< 2000	0,14	6,2	2013+
10 ≤ V <sub>H</sub> ≤ 15	2000 ≤ P < 3700	0,14	7,8	2013+
15 ≤ V <sub>H</sub> ≤ 20	< 2000	0,34	7,0	2014+
20 ≤ V <sub>H</sub> ≤ 25	< 2000	0,27	9,8	2014+
25 ≤ V <sub>H</sub> ≤ 30	< 2000	0,27	11,0	2014+

### Zweite Stufe für Dieselmotoren mit einem Hubraum von 10–30 Liter je Zylinder

Cylinder displacement [L]	Maximale Motorleistung [kW]	PM	NO <sub>x</sub>	HC	Model year
		g/kWh	g/kWh	g/kWh	
Alle	600 ≤ P < 1400	0,04	1,8	0,19	2017+ <sup>A</sup>
Alle	1400 ≤ P < 2000	0,04	1,8	0,19	2016+ <sup>B</sup>
Alle	2000 ≤ P < 3700	0,04	1,8	0,19	2014+ <sup>B</sup>
< 15		0,12	1,8	0,19	2014-2015 <sup>B</sup>
15 ≤ V <sub>H</sub> ≤ 30	≥ 3700	0,25	1,8	0,19	2014-2015 <sup>B</sup>
alle		0,06	1,8	0,09	2016+ <sup>A</sup>

<sup>A</sup> Optionale Starttermine zur Erfüllung der Vorschriften können für diese Herstelljahre genutzt werden; siehe 40 FCR 1042.101(a)(8).

<sup>B</sup> Option: Erste Stufe PM/NO<sub>x</sub>+HC bei 0.14/7.8 g/kWh in 2012 und zweite Stufe in 2015

### Regelungen für Motoren mit einem Hubraum ≥ 30 Liter je Zylinder

Die US EPA Regelungen für stationäre Dieselmotoren wurden mit dem revidiertem IMO MARPOL Annex VI für Schiffsmotoren harmonisiert.

n <sub>n</sub> 1/min	NO <sub>x</sub> [g/kWh]
<b>Engines installed prior to 1 January 2012</b>	
< 130	17,0
130 ≤ n <sub>n</sub> < 2000	45,0 · n <sub>n</sub> <sup>(-0,2)</sup>
≥ 2000	9,8
<b>Engines installed after 1 January 2012</b>	
< 130	14,4
130 ≤ n <sub>n</sub> < 2000	44,0 · n <sub>n</sub> <sup>(-0,23)</sup>
≥ 2000	7,7
<b>Engines installed after 1 January 2016</b>	
< 130	3,4
130 ≤ n <sub>n</sub> < 2000	9 · n <sub>n</sub> <sup>(-0,2)</sup>
≥ 2000	2,0

- Die EPA hat die Grenzwerte für Schwefel im Dieselmotoren mit einem Zylinderhubvolumen ≥ 30 l/cyl ab dem 01.06.2012 auf maximal 1.000 ppm festgelegt.

## 32 STATIONÄRE ANLAGEN

### Dieselmotoren für stationäre Feuerlöschpumpen

Maximal Motorleistung [kW]	Herstelljahr	NMHC + NO <sub>x</sub> g/kWh	CO g/kWh	Partikel g/kWh
< 8	2010 und früher	7,8	6,0	0,75
	2011 +	5,6	–	0,30
8 ≤ P < 19	2010 und früher	7,1	4,9	0,60
	2011 +	5,6	–	0,30
19 ≤ P < 37	2010 und früher	7,1	4,1	0,60
	2011 +	5,6	–	0,22
37 ≤ P < 75	2010 und früher	7,8	3,7	0,60
	2011 +*	3,5	–	0,30
75 ≤ P < 130	2009 und früher	7,8	3,7	0,60
	2010 +*	3,0	–	0,22
130 ≤ P < 450	2008 und früher	7,8	2,6	0,40
	2009 +*	3,0	–	0,15
450 ≤ P < 560	2008 und früher	7,8	2,6	0,40
	2009 +	3,0	–	0,15
P > 560	2007 und früher	7,8	2,6	0,40
	2008 +	4,8	–	0,15

\* Motoren mit einer Nenndrehzahl von mehr als 2,650 rpm, müssen die Grenzwerte erst nach einer Übergangsfrist von drei Jahren erfüllen.

### Diesel- und Gasmotoren (Kalifornien):

Datum	NO <sub>x</sub>	VOC	CO	Einheit
2003	0,50*	1,00	6,00	lbm/MW-hr
	0,23	0,45	2,70	g/kWh
2007**	0,07	0,02	0,10	lbm/MW-hr
	0,03	0,01	0,05	g/kWh

\* mit Kraft-Wärme-Kopplung erhöht sich der Wert auf 0,70

\*\* mit Kraft-Wärme-Kopplung wird die Wärme wie el. Energie behandelt

- Partikelemission nicht höher als bei Erdgas mit einem Schwefelgehalt von 1 grain / 100 scf (d. h. PM < 0,5 mg/kWh)

## USA – stationäre Fremdzündungsmotoren

Am 18. 1. 2008 hat die US EPA ein neues Gesetz für stationäre Fremdzündungsmotoren veröffentlicht (40 CFR Parts 60, 63, 85 et al. Standards of Performance for Stationary Spark Ignition Internal Combustion Engines). Es ist am 18. 3. 2008 in Kraft getreten. Das Gesetz beinhaltet Grenzwerte für Fremdzündungsmotoren, die mit Benzin, LPG, Erd-, Deponie- und Biogas betrieben werden. Es unterscheidet Motoren, die im Notfall und im regulären Einsatz betrieben werden.



**Stationäre Fremdzündungsmotoren  $\leq 19$  kW**

Motorenkategorie <sup>A</sup>	HC + NO <sub>x</sub> <sup>B</sup>	NMHC + NO <sub>x</sub> <sup>B,C</sup>	CO <sup>B</sup>
	g/kWh	g/kWh	g/kWh
I	16,1	14,8	610
I-A	50	–	–
I-B	40	37	–
II	12,1	11,3	–

<sup>A</sup> Motorenklasse I-A: Motoren mit einem Hubvolumen von weniger als 66 cm<sup>3</sup>; Motorenklasse I-B: Motoren mit einem Hubvolumen größer oder gleich 66 cm<sup>3</sup> und weniger als 100 cm<sup>3</sup>; Motorenklasse I: Motoren mit einem Hubvolumen größer oder gleich 100 cm<sup>3</sup> und weniger als 225 cm<sup>3</sup>; Motorenklasse II: Motoren mit einem Hubvolumen größer oder gleich 225 cm<sup>3</sup>.

<sup>B</sup> Motoren, die vor dem 1. 7. 2008 modifiziert und wiederaufbereitet wurden, müssen die Grenzwerte einhalten, die für Motoren, die nach dem 1. 7. 2008 hergestellt wurden, vorgesehen sind.

<sup>C</sup> NMHC+NO<sub>x</sub> Grenzwerte sind nach Wahl des Herstellers nur auf Motoren anzuwenden, die mit Erdgas betrieben werden (anstatt HC+NO<sub>x</sub> Grenzwerte)

**Stationäre Fremdzündungsmotoren >19 kW (kein Notfallbetrieb, Benzinmotoren und LPG-Motoren mit  $\lambda > 1$ )**

Motorenleistung [bhp]	Herstellungsdatum	HC + NO <sub>x</sub> <sup>A,B</sup> [g/kWh]	CO <sup>A,B</sup> [g/kWh]
25 < P < 500 <sup>C</sup>	1. 7. 2008	2,7	4,4
	1. 7. 2008 <sup>E</sup> (Hochleistungsbetrieb)	2,7	130,0
P $\geq$ 500 <sup>D</sup>	1. 7. 2007	2,7	4,4
	1. 8. 2007 <sup>E</sup> (Hochleistungsbetrieb)	2,7	130,0

<sup>A</sup> Die Motoren können optional auch nach folgender Formel zertifiziert werden:  $(HC+NO_x)CO^{0,784} \leq 8,57$ . Die HC+NO<sub>x</sub> und CO Emissionsgrenzwerte, die für die Berechnung in der oben genannten Formel Verwendung finden (gerundet auf 0,1 g/kWh), sind die Grenzwerte, die die entsprechenden Motoren einhalten müssen. Der Grenzwert für HC+NO<sub>x</sub> darf nicht höher als 2,7 g/kWh sein und der Grenzwert für CO darf nicht höher als 20,6 g/kWh sein.

<sup>B</sup> Die Vorschriften der 40 CFR part 1048 erlauben Motoren mit einer maximalen Leistung von  $\leq 30$  kW und einem Gesamthubvolumen von  $\leq 1000$ ccm um den Anforderungen der 40 CFR part 90 zu entsprechen.

<sup>C</sup> Modifizierte und wiederaufbereitete Motoren mit einer Leistung von 25–500 bhp, die vor dem 1. 7. 2008 hergestellt wurden, müssen die Grenzwerte für Motoren, die nach dem 1. 7. 2008 hergestellt wurden, einhalten.

<sup>D</sup> Modifizierte und wiederaufbereitete Motoren mit einer Leistung von  $\geq 500$  bhp, die vor dem 1. 7. 2007 hergestellt wurden, müssen die Grenzwerte für Motoren, die nach dem 1. 7. 2007 hergestellt wurden, einhalten.

<sup>E</sup> Hochbeanspruchte Motoren sind Motoren, die zum Beispiel in Betonsägen, Betonpumpen und ähnlichen Anwendungen für luftgekühlte Motoren eingesetzt werden.

**Stationäre Fremdzündungsmotoren 19 < P < 75 kW**  
**(kein Notfallbetrieb, Erdgasmotoren und LPG-Motoren mit  $\lambda > 1$ )**

Motorenleistung [kW]	Herstellungsdatum	HC + NO <sub>x</sub> <sup>A,B</sup> [g/kWh]	CO <sup>A,B</sup> [g/kWh]
19 < P < 75 <sup>C</sup>	1. 7. 2008	3,8	6,5
	1. 7. 2008 (Hochleistungsbetrieb)	3,8	200,0

<sup>A</sup> Anstatt die Grenzwerte aus obiger Tabelle anzuwenden kann auch die folgenden Formel verwendet werden, um alternative Grenzwerte anwenden zu können:  $(HC+NO_x) \cdot CO^{0,781} \leq 16,78$ . Die HC+NO<sub>x</sub> Emissionen dürfen 3,8 g/kWh und die CO Emissionen 31 g/kWh nicht überschreiten

<sup>B</sup> Bei Motoren, die mit Erdgas betrieben werden, müssen keine NMHC- oder Gesamt-C-Emissionen gemessen werden, um nachzuweisen, dass die Motoren die Grenzwerte in der obigen Tabelle einhalten.

<sup>C</sup> Modifizierte und wiederaufbereitete Motoren, die vor dem 1. 7. 2008 hergestellt wurden und eine Leistung von 25–100 PS aufweisen, müssen die Emissionsgrenzwerte für Motoren, die nach dem 1. 7. 2008 hergestellt werden, einhalten.

**Stationäre Fremdzündungs- (SI-) Motoren  $\geq 100$  bhp (ausgenommen Betrieb mit Benzin und LPG mit  $\lambda > 1$ ), stationäre SI-Deponie- und Biogas-Motoren und stationäre SI-Motoren > 25 bhp im Notfallbetrieb**

Motorenkategorie und Kraftstoffart	Max. Motorleistung [bhp]	Herstellungsdatum	NO <sub>x</sub> <sup>*</sup> g/HP-hr (ppmvd bei 15 % O <sub>2</sub> )	CO <sup>*</sup> g/HP-hr (ppmvd bei 15 % O <sub>2</sub> )	VOC <sup>*</sup> g/HP-hr (ppmvd bei 15 % O <sub>2</sub> )
Non-emergency SI Erdgasbetrieb und Non-emergency SI Magergas-LPG-Betrieb	100 ≤ P < 500	1. 7. 08	2,0 (160)	4,0 (540)	1,0 (86)
		1. 1. 11	1,0 (82)	2,0 (270)	0,7 (60)
Non-emergency SI Magergas-Erdgasbetrieb und LPG-Betrieb	500 ≤ P < 1350	1. 1. 08	2,0 (160)	4,0 (540)	1,0 (86)
		1. 7. 10	1,0 (82)	2,0 (270)	0,7 (60)
Non-emergency SI Erdgasbetrieb und Non-emergency SI Magergas-LPG-Betrieb (außer Magergasbetrieb bei 500 ≤ P < 1350)	P ≥ 500	1. 7. 07	2,0 (160)	4,0 (540)	1,0 (86)
		1. 7. 10	1,0 (82)	2,0 (270)	0,7 (60)
Deponie- und Biogasbetrieb (außer Magergasbetrieb bei 500 ≤ P < 1350)	P < 500	1. 7. 08	3,0 (220)	5,0 (610)	1,0 (80)
		1. 1. 11	2,0 (150)	5,0 (610)	1,0 (80)
	P ≥ 500	1. 7. 07	3,0 (220)	5,0 (610)	1,0 (80)
		1. 7. 10	2,0 (150)	5,0 (610)	1,0 (80)
Deponie- und Biogasbetrieb (Magergasbetrieb)	500 ≤ P < 1350	1. 1. 08	3,0 (220)	5,0 (610)	1,0 (80)
		1. 7. 10	2,0 (150)	5,0 (610)	1,0 (80)
Notbetrieb	25 < P < 130	1. 1. 09	10,0** (-)	387 (-)	-
	P ≥ 130		2,0 (160)	4,0 (540)	1,0 (86)

- \* Besitzer und Betreiber von nicht zertifizierten Fremdzündungsmotoren können wählen ob sie die Emissionsgrenzwerte in den Einheiten g/bhp -hr oder ppmvd bei 15 % Sauerstoff angeben möchten.
- \*\* Die Emissionsgrenzwerte für Notbetrieb-Motoren mit 25–130 bhp sind bezüglich NOx+HC anzuwenden.

## USA – NESHAP für bestehende Anlagen

US EPA hat für **bestehende Hubkolbenverbrennungsmotoren** „National Emissions Standards for Hazardous Air Pollutions“ (NESHAPs) veröffentlicht. Die Grenzwerte sind anzuwenden auf

- Motoren in Area Sources. Area Sources sind Anlagen, die weniger als 10 tpy (tons per year) eines einzelnen oder weniger als 25 tpy Schadstoffe insgesamt emittieren.
- Motoren in Major Sources mit einer Anlagenleistung  $\leq 500$  bhp, erbaut oder umgebaut vor dem 12. Juni 2006. Major Sources sind Emissionsquellen, die mehr als 10 tpy eines einzelnen oder mehr als 25 tpy Schadstoffe insgesamt ausstoßen.
- Anlagen  $< 100$  bhp und Notfallaggregate sind ausgenommen.

### Selbstzündende Motoren

Anlagenleistung [bhp]	Area Source	Major Source
<b>P &lt; 100</b>	–	–
<b>100 ≤ P &lt; 300</b>	–	230* ppm CO
<b>300 ≤ P ≤ 500</b>	49 ppm CO* oder 70% Reduktion	
<b>P &gt; 500**</b>	23 ppm CO* oder 70% Reduktion	

\* Bei einem Restsauerstoffgehalt von 15%.

\*\* Motoren in Major Sources erbaut oder umgebaut vor dem 19. 12. 2002.

- Bei einer Leistung  $> 300$  bhp ist die Verwendung von Ultra-low-Sulfur-Diesel (ULSD) vorgeschrieben, außer in Alaska.
- Systeme zur Verhinderung von Emissionen aus dem Kurbelwellengehäuse sind zu nachzurüsten.

## 36 STATIONÄRE ANLAGEN

### Fremdgezündete Motoren in Major Sources, $100 \leq P < 500$

Kategorie	Grenzwert
2 Takt Magermotor	225 ppm CO*
4-Takt-Motor, Magergemisch	47 ppm CO*
4-Takt- Motor, fettes Gemisch	10.3 ppm Formaldehyd*
Deponie-/Biogas	177 ppm CO*

\* Bei einem Restsauerstoffgehalt von 15%.

### Fremdgezündete Motoren in Area Sources, $P > 500$

Kategorie	Grenzwert
4-Takt-Motor, Magergemisch	47 ppm CO* or 93% CO reduction
4-Takt- Motor, fettes Gemisch	2.7 ppm Formaldehyde* or 76% reduction

\* Bei einem Restsauerstoffgehalt von 15%.

## EU – Nonroad-Richtlinie

97/68/EG (zuletzt geändert durch 2004/26/EG)

### Dieselmotoren

Leistung $P_n$ kW	NO <sub>x</sub> g/kWh	HC g/kWh	CO g/kWh	Partikel g/kWh	Datum*
	NO <sub>x</sub> + NMHC				
<b>Stufe I</b>					
$37 \leq P_n < 75$	9,2	1,3	6,5	0,85	Apr. 99
$75 \leq P_n < 130$	9,2	1,3	5,0	0,70	1999
$130 \leq P_n \leq 560$	9,2	1,3	5,0	0,54	1999
<b>Stufe II</b>					
$18 \leq P_n < 37$	8,0	1,5	5,5	0,8	2001
$37 \leq P_n < 75$	7,0	1,3	5,0	0,4	2004
$75 \leq P_n < 130$	6,0	1,0	5,0	0,3	2003
$130 \leq P_n \leq 560$	6,0	1,0	3,5	0,2	2002
<b>Stufe III A</b>					
$19 \leq P_n < 37$	7,5		5,5	0,6	2007
$37 \leq P_n < 75$	4,7		5,0	0,4	2008
$75 \leq P_n < 130$	4,0		5,0	0,3	2007
$130 \leq P_n \leq 560$	4,0		3,5	0,2	2006
<b>Stufe III B</b>					
$37 \leq P_n < 56$	4,7		5,0	0,025	2013
$56 \leq P_n < 75$	3,3	0,19	5,0	0,025	2012
$75 \leq P_n < 130$	3,3	0,19	5,0	0,025	2012
$130 \leq P_n \leq 560$	2,0	0,19	3,5	0,025	2011
<b>Stufe IV</b>					
$56 \leq P_n < 130$	0,4	0,19	5,0	0,025	Okt. 2014
$130 \leq P_n \leq 560$	0,4	0,19	3,5	0,025	2014

\* für das Inverkehrbringen von Motoren; Typgenehmigung ein Jahr früher

- Motoren mit Leistungen über 560 kW werden nicht reglementiert
- Prüfzyklus stationär: ISO 8178-4, C1/D2 (entspr. Motorbetrieb)
- Prüfzyklus transient: NRTC (erst ab Stufe IIIB vorgeschrieben). Es steht dem Hersteller frei, diesen Test auch für Stufe IIIA und für gasförmige Schadstoffe in den Stufen IIIB und IV zu verwenden.
- Prüfbedingung: Lufttemperatur 25°C
- NTE ( Not To Exceed ): Ab Stufe IIIB gelten Obergrenzen im Kennfeld (max. plus 100 % des Zyklusgrenzwertes)
- Für Motoren, die mit konstanter Drehzahl betrieben werden (u. a. mobile Generatoren), gelten die Grenzwerte der Stufe II ab 2007, die der Stufe IIIA ab 2011. Ausgenommen ist die Leistungskategorie J (37-75 kW), hier tritt IIIA erst ab 2012 in Kraft.
- Für landwirtschaftliche Traktoren gilt die Richtlinie 2000/25/EG, geändert durch Richtlinie 2005/13/EG. Die Grenzwerte sind analog zur Richtlinie 97/68/EG.
- Ab Stufe IIIA muss die Einhaltung der Grenzwerte über die sinnvolle Lebensdauer nachgewiesen werden (Verschlechterungsfaktoren)

## USA – EPA Nonroad-Vorschrift

(40 CFR 89, 40 CFR 1039 und 40 CFR 1068)

## Dieselmotoren

Leistung $P_n$ kW	NO <sub>x</sub> g/kWh	HC g/kWh	CO g/kWh	Partikel g/kWh	Datum ab Baujahr
	NO <sub>x</sub> + NMHC				
<b>Tier 1</b>					
$P_n < 8$	10,5		8,0	1,0	2000
$8 \leq P_n < 19$	9,5		6,6	0,8	2000
$19 \leq P_n < 37$	9,5		5,5	0,8	1999
$37 \leq P_n < 75$	9,2	–	–	–	1998
$75 \leq P_n < 130$	9,2	–	–	–	1997
$130 \leq P_n \leq 560$	9,2	1,3	11,4	0,54	1996
$P_n > 560$	9,2	1,3	11,4	0,54	2000
<b>Tier 2</b>					
$P_n < 8$	7,5		8,0	0,8	2005
$8 \leq P_n < 19$	7,5		6,6	0,8	2005
$19 \leq P_n < 37$	7,5		5,5	0,6	2004
$37 \leq P_n < 75$	7,5		5,0	0,4	2004
$75 \leq P_n < 130$	6,6		5,0	0,3	2003
$130 \leq P_n < 225$	6,6		3,5	0,2	2003
$225 \leq P_n < 450$	6,4		3,5	0,2	2001
$450 \leq P_n \leq 560$	6,4		3,5	0,2	2002
$P_n > 560$	6,4		3,5	0,2	2006
<b>Tier 3</b>					
$P_n < 8$	keine Verschärfung				
$8 \leq P_n < 19$	keine Verschärfung				
$19 \leq P_n < 37$	keine Verschärfung				
$37 \leq P_n < 75$	4,7		5,0	0,4	2008
$75 \leq P_n < 130$	4,0		5,0	0,3	2007
$130 \leq P_n \leq 560$	4,0		3,5	0,2	2006
$P_n > 560$	keine Verschärfung				
<b>Tier 4 interim</b>					
$19 \leq P_n < 37$	7,5		5,5	0,30	2008
$37 \leq P_n < 56$	4,7		5,0	0,30	2008
$56 \leq P_n < 130$	3,4	0,19	5,0	0,02	2012
$130 \leq P_n \leq 560$	2,0	0,19	3,5	0,02	2011
$P_n > 560$	3,5	0,4	3,5	0,10	2011
<b>Tier 4 interim - Genset</b>					
$P_n > 900$	0,67	0,4	3,5	0,1	2011

Leistung $P_n$ kW	NO <sub>x</sub> g/kWh	HC g/kWh	CO g/kWh	Partikel g/kWh	Datum ab Baujahr
	NO <sub>x</sub> + NMHC				
<b>Tier 4</b>					
$P_n < 8$	7,5		8,0	0,4 <sup>A</sup>	2008
$8 \leq P_n < 19$	7,5		6,6	0,4	2008
$19 \leq P_n < 37$	4,7		5,5	0,03	2013
$37 \leq P_n < 56$	4,7		5,0	0,03	2013
$56 \leq P_n < 130$	0,4	0,19	5,0	0,02	2015 <sup>B</sup>
$130 \leq P_n < 560$	0,4	0,19	3,5	0,02	2014 <sup>C</sup>
$P_n > 560$	3,5	0,19	3,5	0,04	2015
<b>Tier 4 - Genset</b>					
$P_n > 560$	0,67	0,19	3,5	0,03	2015

<sup>A</sup> Handstartfähige, luftgekühlte Motoren mit Direkteinspritzung können 2009 nach Tier 2 und ab 2010 optional mit einem PM-Grenzwert von 0.6 g/kWh zertifiziert werden

<sup>B</sup> PM/CO: vollständig ab 2012 zu erfüllen; NO<sub>x</sub>/HC: Option 1 (wenn angesparte Tier 2 Gutschriften benutzt werden) – 50 % der Motoren müssen die Anforderungen 2012–2013 erfüllen; Option 2 (falls keine Tier 2 Gutschriften gefordert sind) – 25 % der Motoren müssen die Anforderungen 2012–2014 erfüllen; vollständig ab 31 Dezember 2014 zu erfüllen

<sup>C</sup> PM/CO: vollständig ab 2011 zu erfüllen; NO<sub>x</sub>/HC: 50 % der Motoren müssen die Anforderungen 2011–2013 erfüllen

- Optional für Tier 3 / 4: 37–56 kW, PM = 0,3 g/kWh ab 2008; 56–560 kW-Phase in / Phase out
- Zusätzlich zur Partikelmessung wird ein transients Rauchttest verlangt; ab Tier 4 gilt dies nur noch bei einer Partikelemission über 0,07 g/kWh; Motoren mit Konstantdrehzahl-Betrieb sind generell ausgenommen
- Prüfzyklus stationär: ISO 8178-4, C1 /D2 /E3; ab Tier 4 wahlweise auch entsprechend dem „Ramped Mode Cycle“ (s. Kap. 6)
- Prüfzyklus transient: NRTC; ab Tier 4 nicht mehr für Motoren über 560 kW; Motoren mit Konstantdrehzahl-Betrieb sind generell ausgenommen
- Prüfbedingung: Lufttemperatur 25°C  
ab Tier 4: Lufttemperatur 20°C–30°C,  
Umgebungsdruck 0,8–1,03 bar
- Einhaltung der Grenzwerte ist über sinnvolle Lebensdauer nachzuweisen
- ABT (Averaging, Banking and Trading): Emissionsguthaben für CO, NO<sub>x</sub> + HC und Partikel können ausgeglichen, angespart und gehandelt werden
- NTE (Not To Exceed): Ab Tier 4 dürfen die Emissionen das 1,25- bis 1,5-fache des Zyklusgrenzwertes nicht überschreiten
- Die Vorschriften der Tier 4 erlauben eine offene Kurbelgehäuse-entlüftung, wenn deren Emissionen gemessen und zu den Abgasemissionen addiert werden.

## 40 MOBILE MASCHINEN UND GERÄTE

### Brasilien

Am 13. 7. 2011 hat der brasilianische Umweltrat (CONAMA) mit der Resolution Nr. 433 das erste Gesetz des Landes über Emissionen von neuen Land- und Baumaschinen veröffentlicht. Die Grenzwerte entsprechen der EU Stufe IIIA für mobile Maschinen

Leistung $P_n$ kW*	HC + NO <sub>x</sub> g/kWh	CO g/kWh	Partikel g/kWh
$19 \leq P_n < 37$	7,5	5,5	0,6
$37 \leq P_n < 75$	4,7	5,0	0,4
$75 \leq P_n < 130$	4,0	5,0	0,3
$130 \leq P_n < 560$	4,0	3,5	0,2

Einführungstermine:

- Baumaschinen  $\geq 37$  kW ab dem 1. 1. 2015, zwischen 19 und 37 kW ab dem 1. 1. 2017
- Landmaschinen  $\geq 75$  kW ab dem 1. 1. 2017, zwischen 19 und 75 kW ab dem 1. 1. 2019

### Indien

Am 21. 9. 2006 sind die Grenzwerte für dieselbetriebene Baumaschinen in Indien veröffentlicht worden und in Kraft getreten.

Leistung $P_n$ kW	NO <sub>x</sub> g/kWh	HC g/kWh	CO g/kWh	Partikel g/kWh	Datum
<b>Bharat Stufe II (CEV)</b>					
$P_n < 8$	9,20	1,30	8,00	1,00	Okt. 08
$8 \leq P_n < 19$	9,20	1,30	6,60	0,85	Okt. 08
$19 \leq P_n < 37$	9,20	1,30	6,50	0,85	Okt. 07
$37 \leq P_n < 75$	9,20	1,30	6,50	0,85	Okt. 07
$75 \leq P_n < 130$	9,20	1,30	5,00	0,70	Okt. 07
$130 \leq P_n < 560$	9,20	1,30	5,00	0,54	Okt. 07
<b>Bharat Stufe III (CEV)</b>					
	<b>HC + NO<sub>x</sub> [g/kWh]</b>				
$P_n < 8$	7,50		8,00	0,80	Apr. 2011
$8 \leq P_n < 19$	7,50		6,60	0,80	Apr. 2011
$19 \leq P_n < 37$	7,50		5,50	0,60	Apr. 2011
$37 \leq P_n < 75$	4,70		5,00	0,40	Apr. 2011
$75 \leq P_n < 130$	4,00		5,00	0,30	Apr. 2011
$130 \leq P_n < 560$	4,00		3,50	0,20	Apr. 2011



- Prüfzyklus: ISO 8178 Teil 4 C1-8 und ISO 8178 Teil 4 D2-5
- Der Motortest soll auf einem Prüfstand mit Generator durchgeführt werden.
- Die Testprozedur für die Messung der Maximalleistung (ohne Lüfter) soll gemäß MoSRTH/CMVR/TAP-115/116 Ausgabe Nr. 3 durchgeführt werden.
- Die Testprozedur für die Messung von Emissionen sichtbarer und gasförmiger Schadstoffe soll gemäß MoSRTH/CMVR/TAP-115/116 Teil X (Unterkapitel B) durchgeführt werden.
- Die Emissionen sichtbarer Schadstoffe sollen die Grenzwerte aus Unterkapitel 3 der Richtlinie 115A nicht übersteigen. Dabei soll der Motor bei 80 % Last und in sechs Drehzahlbereichen (gemäß Unterkapitel 3 der Richtlinie 115A) getestet werden.
- Um die Grenzwerte gemäß Bharat Stage III ab dem 1. 4. 2011 zu erreichen, kann ein Motorenhersteller wahlweise auch einen Test gemäß folgender Tabelle wählen, um die Verschlechterungsfaktoren nach MoSRTH/CMVR/TAP-115/116 Anhang V des Teils X Unterkapitel Nr. 3 zu evaluieren. Alternativ können auch fixe Verschlechterungsfaktoren gemäß der unteren Tabelle gewählt werden.
- Eine Lockerung der Normen für COP (Conformity of Production) ist nicht gegeben.
- Die COP-Prozedur soll gemäß MoSRTH/CMVR/TAP-115/116 Teil VI durchgeführt werden.
- COP-Häufigkeit:
  - a) für Produkte mit einer Jahresproduktion bis 200 Stück: einmal in zwei Jahren pro Motorenfamilie
  - b) für Produkte mit einer Jahresproduktion über 200 Stück: einmal im Jahr pro Motorenfamilie

Leistungsbereich [kW]	Lebensdauer [h] Emissionsbeständigkeit
< 19	3000
19 < P < 37 (constant speed)	3000
19 < P < 37 (variable speed)	5000
> 37	8000

## Verschlechterungsfaktoren

CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM
1,10	1,05	1,05	1,1

## 42 MOBILE MASCHINEN UND GERÄTE

### Grenzwerte für landwirtschaftliche Traktoren

	NO <sub>x</sub> g/kWh	HC g/kWh	CO g/kWh	PM g/kWh	Datum
	HC + NO <sub>x</sub> [g/kWh]				
Bharat (Trem) Stufe I	18,0	3,5	14,0	–	Okt. 99
Bharat (Trem) Stufe II	15,0		9,0	1,0	Jun. 03
Bharat (Trem) Stufe III	9,5		5,5	0,80	Okt. 05

- Prüfzyklus: ISO 8178 C1-8

## Japan

Schadstoffgrenzwerte des Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT) für **“Special Motor Vehicles”** und des MLIT, Ministry of the Environment (MOE) und Ministry of Economy, Trade and Industry (METI) für **“Nonroad Motor Vehicles”**:

Leistung P <sub>n</sub> kW	CO g/kWh	NO <sub>x</sub> g/kWh	HC g/kWh	Partikel g/kWh	Rauch %	Datum	Datum für importierte Fahrzeuge / Maschinen
<b>Stufe I</b>							
19 ≤ P <sub>n</sub> < 37	5,0	8,0	1,5	0,80	40	Okt. 03	–
37 ≤ P <sub>n</sub> < 56	5,0	7,0	1,3	0,40	40	Okt. 03	–
56 ≤ P <sub>n</sub> < 75	5,0	7,0	1,3	0,30	40	Okt. 03	–
75 ≤ P <sub>n</sub> < 130	5,0	6,0	1,0	0,30	40	Okt. 03	–
130 ≤ P <sub>n</sub> < 560	3,5	6,0	1,0	0,20	40	Okt. 03	–
<b>Stufe II</b>							
19 ≤ P <sub>n</sub> < 37	5,0	6,0	1,0	0,40	40	Okt. 07	1. Sep. 08
37 ≤ P <sub>n</sub> < 56	5,0	4,0	0,7	0,30	35	Okt. 08	1. Sep. 09
56 ≤ P <sub>n</sub> < 75	5,0	4,0	0,7	0,25	30	Okt. 08	1. Sep. 10
75 ≤ P <sub>n</sub> < 130	5,0	3,6	0,4	0,20	25	Okt. 07	1. Sep. 08
130 ≤ P <sub>n</sub> < 560	3,5	3,6	0,4	0,17	25	Okt. 06	1. Sep. 08

- Prüfzyklus und Messmethode: Special Vehicle Diesel 8 mode
- Definition „Special Motor Vehicles“: Selbstangetriebene, nonroad Fahrzeuge und mobile Maschinen die auch auf öffentlichen Straßen fahren.
- Definition „Nonroad Motor Vehicles“: Selbstangetriebene nonroad Fahrzeuge und mobile Maschinen die nicht auf öffentlichen Straßen fahren.

Schadstoffgrenzwerte des MLIT für **Baumaschinen**:

Leistung $P_n$ kW	CO g/kWh	NO <sub>x</sub> g/kWh	HC g/kWh	Partikel g/kWh	Rauch %
<b>Stufe II</b>					
$8 \leq P_n < 19$	5,0	NO <sub>x</sub> +HC: 7,5		0,80	40
$19 \leq P_n < 37$	5,0	6,0	1,0	0,40	40
$37 \leq P_n < 56$	5,0	4,0	0,7	0,30	35
$56 \leq P_n < 75$	5,0	4,0	0,7	0,25	30
$75 \leq P_n < 130$	5,0	3,6	0,4	0,20	25
$130 \leq P_n < 560$	3,5	3,6	0,4	0,17	25

- Prüfzyklus und Messmethode: ISO 8178-4,C1
- Die Grenzwerte für Motoren von 19–560 kW sind identisch mit den Grenzwerten des MLIT für Special Motor Vehicles und Nonroad Motor Vehicles Stufe II.

## Türkei

Die Türkei hat die Emissionsgrenzwerte für mobile Maschinen gemäß der EU-Richtlinie 97/68/EG bzw. 2004/26/EG übernommen.

Abweichend sind lediglich die Einführungsdaten für die Emissionsstufen Stufe I – Stufe IIIA

Leistung $P_n$ kW	NO <sub>x</sub> g/kWh	HC g/kWh	CO g/kWh	Partikel g/kWh	Datum*
	NO <sub>x</sub> + NMHC				
<b>Stufe I (Faz I)</b>					
$37 \leq P_n < 75$	9,2	1,3	6,5	0,85	5. Apr. 2003
$75 \leq P_n < 130$	9,2	1,3	5,0	0,70	5. Apr. 2003
$130 \leq P_n \leq 560$	9,2	1,3	5,0	0,54	5. Apr. 2003
<b>Stufe II (Faz II)</b>					
$18 \leq P_n < 37$	8,0	1,5	5,5	0,8	2007
$37 \leq P_n < 75$	7,0	1,3	5,0	0,4	2007
$75 \leq P_n < 130$	6,0	1,0	5,0	0,3	2007
$130 \leq P_n \leq 560$	6,0	1,0	3,5	0,2	2007
<b>Stufe III A (Faz IIIA)</b>					
$19 \leq P_n < 37$	7,5		5,5	0,6	2010
$37 \leq P_n < 75$	4,7		5,0	0,4	2010
$75 \leq P_n < 130$	4,0		5,0	0,3	2010
$130 \leq P_n \leq 560$	4,0		3,5	0,2	2010
<b>Stufe III B (Faz IIIB)</b>					
$37 \leq P_n < 56$	4,7		5,0	0,025	2013
$56 \leq P_n < 75$	3,3	0,19	5,0	0,025	2012
$75 \leq P_n < 130$	3,3	0,19	5,0	0,025	2012
$130 \leq P_n \leq 560$	2,0	0,19	3,5	0,025	2011
<b>Stufe IV (Faz IV)</b>					
$56 \leq P_n < 130$	0,4	0,19	5,0	0,025	Okt. 2014
$130 \leq P_n \leq 560$	0,4	0,19	3,5	0,025	2014

\* gilt für das Inverkehrbringen von Motoren

- Prüfzyklus stationär: ISO 8178-4, C1/D2 (entspr. Motorbetrieb)

### Russland – mobile Maschinen und Kleintraktoren

Die Grenzwerte sind am 1. 7. 2001 in Kraft getreten

Leistung	Kohlenmonoxid CO [g/kWh]	Kohlenwasserstoffe HC [g/kWh]	NO <sub>x</sub> [g/kWh]
Alle Leistungsbereiche	11,0	6,0	18,0

### Schweiz – Baumaschinen

Die Emissionen von Baumaschinen werden in der Schweiz durch die Luftreinhalteverordnung 814.318.142.1 geregelt. Es gelten die Grenzwerte nach der Richtlinie 97/68/EG (geändert durch 2004/26/EG).

#### Partikel

Die Emissionen dürfen zudem den Anzahlwert von  $1 \times 10^{12}$  pro kWh für Feststoffpartikel mit einem Durchmesser  $>23$  nm nicht überschreiten. Anforderungen an Partikelfiltersysteme werden in der Verordnung ebenfalls festgeschrieben.

## EU – Eisenbahnen

Die Richtlinie 97/68/EG (2004/26/EG) ist gültig für in Schienenfahrzeuge eingebaute Kompressionszündungsmotoren mit einer Nutzleistung von mindestens 130 kW für Antriebsmotoren und mindestens 19 kW für Motoren mit konstanter Drehzahl. Für Motoren mit konstanter Drehzahl gelten die Grenzwerte erst seit 31. 12. 2006.

### Motoren zum Antrieb von Lokomotiven

Stufe	Leistung $P_n$ Hubraum pro Zyl.	NO <sub>x</sub>	HC	CO	Partikel	Datum*
		g/kWh	g/kWh			
		HC + NO <sub>x</sub> [g/kWh]				
IIIA	$130 \leq P_n < 560$ kW	4,0		3,5	0,2	2007
	$P_n > 560$ kW	6,0	0,5	3,5	0,2	2009
	$P_n > 2000$ kW $V_{h,z} > 5$ l	7,4	0,4	3,5	0,2	2009
IIIB	$P_n > 130$ kW	4,0		3,5	0,025	2012

### Motoren zum Antrieb von Triebwagen

Stufe	Leistung $P_n$	NO <sub>x</sub>	HC	CO	Partikel	Datum*
		g/kWh	g/kWh			
		HC + NO <sub>x</sub> [g/kWh]				
IIIA	$P_n > 130$ kW	4,0		3,5	0,2	2006
IIIB	$P_n > 130$ kW	2,0	0,19	3,5	0,025	2012

\* gilt für das Inverkehrbringen von Motoren, Typgenehmigung 1 Jahr früher

- Keine Grenzwertstufen I und II
- Prüfzyklus : ISO 8178-4, C1 (Triebwagen) bzw. F
- Prüfbedingung: Lufttemperatur 25°C
- Ab Stufe IIIB gelten Obergrenzen für die Emission im Kennfeld (NTE)
- Einhaltung der Grenzwerte ist über die sinnvolle Lebensdauer nachzuweisen

## UIC – Internationaler Eisenbahnverband

Die UIC (International Union of Railways) hat im UIC – Kodex 624V Emissionsgrenzwerte für Bahnantriebsmotoren festgelegt, die für ihre Mitgliedsbahnen verbindlich sind.

Stufe	Leistung $P_n$ Drehzahl $n_n$	$NO_x$ g/kWh	HC g/kWh	CO g/kWh	Partikel g/kWh	Datum
UIC II	$P_n \leq 560$ kW	6,0	0,6	2,5	0,25	1. 1. 2003
	$P_n > 560$ kW $n_n > 1000$ U/min	9,5	0,8	3,0	0,25	1. 1. 2003
	$P_n > 560$ kW $n_n \leq 1000$ U/min	9,9	0,8	3,0	0,25	1. 1. 2003

- UIC II: Prüfzyklus ISO 8178-4, F
- Die UIC-Stufe III entspricht der Stufe IIIA der EU-Nonroad-Richtlinie 97/68/EG (siehe dort).
- UIC III: Prüfzyklus ISO 8178-4, F (C1 für Triebwagenmotoren, analog EU-Nonroad-Richtlinie 97/68/EG)
- Prüfkraftstoff nach ISO 8178-5
- Prüfbedingung: Lufttemperatur 25°C
- Ausgenommen sind Motoren mit einer Nennleistung unter 100 kW sowie Motoren von Speziallokomotiven (z. B. Raffinerie- oder Grubenlokomotiven).

## Russland – Lokomotiven

Datum	Kohlenmonoxid CO [g/kWh]	Kohlenwasserstoffe HC [g/kWh]	$NO_x$ [g/kWh]
< 1. 1. 2000	6,0	2,4	18,0
≥ 1. 1. 2000	3,0	1,0	12,0

## USA

Am 6. 5. 2008 hat die US EPA die final rule „40 CFR Parts 9, 85, et al.“ für Lokomotivmotoren mit einem Hubraum kleiner 30 Liter je Zylinder veröffentlicht.

## Lokomotivmotoren im Linienbetrieb

Motorenkategorie	Gültig ab	PM [g/bhp-hr]	NO <sub>x</sub> [g/bhp-hr]	HC [g/bhp-hr]
Wiederaufbereitete Tier 0 Motoren (ohne separate Ladeluftkühlung)	2008, falls verfügbar 2010 erforderlich	0,22	8,0	1,00
Wiederaufbereitete Tier 0 Motoren (mit separater Ladeluftkühlung)	2008, falls verfügbar 2010 erforderlich	0,22	7,4	0,55
Wiederaufbereitete Tier 1 Motoren	2008, falls verfügbar 2010 erforderlich	0,22	7,4	0,55
Wiederaufbereitete Tier 2 Motoren	2008, falls verfügbar 2013 erforderlich	0,10	5,5	0,30
Neue Tier 3 Motoren	2012	0,10	5,5	0,30
Neue Tier 4 Motoren	2015	0,03	1,3	0,14

## Lokomotivmotoren im Rangierbetrieb

Motorenkategorie	Gültig ab	PM [g/bhp-hr]	NO <sub>x</sub> [g/bhp-hr]	HC [g/bhp-hr]
Wiederaufbereitete Tier 0 Motoren	2008, falls verfügbar 2010 erforderlich	0,26	11,8	2,10
Wiederaufbereitete Tier 1 Motoren	2008, falls verfügbar 2010 erforderlich	0,26	11,0	1,20
Wiederaufbereitete Tier 2 Motoren	2008, falls verfügbar 2013 erforderlich	0,13	8,1	0,60
Tier 3 Motoren	2011	0,10	5,0	0,60
Tier 4 Motoren	2015	0,03	1,3	0,14

- Prüfspezifikation: US EPA Part 1065: Test Procedures

## Türkei

Richtlinie 97/68/AT (2004/26/AT), gültig für in Schienenfahrzeuge eingebaute Kompressionszündungsmotoren mit einer Nutzleistung von mindestens 130 kW für Antriebsmotoren.

Die Einführungszeitpunkte für die Grenzwerte der Emissionsstufe Faz IIIA sind sowohl für Lokomotiven als auch für Triebwagen einheitlich in 2010, d. h. 1–4 Jahre nach den entsprechenden Zeitpunkten, die in der EU-Gesetzgebung vorgeschrieben sind. Die Einführungszeitpunkte für Grenzwerte gemäß Emissionsstufe Faz IIIB sind identisch mit den entsprechenden Zeitpunkten in der EU-Gesetzgebung.

### Motoren zum Antrieb von Lokomotiven

Stufe	Leistung $P_n$	NO <sub>x</sub>	HC	CO	Partikel	Datum
		g/kWh	g/kWh			
		NO <sub>x</sub> + HC g/kWh				
Faz IIIA	$130 \leq P_n \leq 560$ kW	4,0		3,5	0,2	2010
	$560 < P_n \leq 2000$ kW	6,0	0,5	3,5	0,2	2010
	$P_n > 2000$ kW $V_{h,z} > 5$ l	7,4	0,4	3,5	0,2	2010
Faz IIIB	$P_n > 130$ kW	4,0		3,5	0,025	2012

### Motoren zum Antrieb von Triebwagen

Stufe	Leistung $P_n$	NO <sub>x</sub>	HC	CO	Partikel	Datum*
		g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	
IIIA	$P_n > 130$ kW	4,0		3,5	0,20	2010
IIIB	$P_n > 130$ kW	2,0	0,19	3,5	0,025	2012

\* gilt für das Inverkehrbringen von Motoren

- Keine Grenzwertstufen I und II



## PRÜFZYKLEN

### ISO 8178

- Teil 4 der ISO 8178 enthielt Prüfzyklen für verschiedene non-road Motoranwendungen.
- Es werden die Prüfzyklen für die Messung und Auswertung von gasförmigen und partikelförmigen Abgasemissionen in Hubkolben-Verbrennungsmotoren festgelegt, wenn die Leistung mit einer Leistungsbremse ermittelt wird.
- Die Prüfungen werden bei **Stationärbetrieb** durchgeführt.
- Motoren zum Antrieb von Fahrzeugen, die vorrangig für den Betrieb auf öffentlichen Straßen bestimmt sind, werden hier ausgeschlossen.
- Der **Motor** muss nach den Empfehlungen des Herstellers bis zur Nennleistung **warmlaufen**, die für den Prüfzyklus vorgesehen ist, um die **Betriebsparameter** des Motors zu **stabilisieren**.
- Die **Prüfbedingungen** sind in ISO 8178-1 und ISO 8178-2 festgelegt.

#### Unterteilung der Prüfzyklen nach ISO 8178 Teil 4:

- A Schwere Dieselmotoren in Straßenfahrzeugen (vgl. ECE R49)
- B Universal, beinhaltet mit Ausnahme der Prüfstufen in den Prüfzyklen Typ E3, E4 und E5 (deren Grundlage sind Propellerkurven) alle vorkommenden Prüfstufen. Die Emissionswerte aller anderen Prüfzyklen können unter Benutzung der entsprechenden Wichtungsfaktoren aus den Messdaten des Prüfzyklus Typ B berechnet werden.
- C Fahrzeuge (ausgenommen Straßenfahrzeuge) und Industriegeräte
  - C1 Fahrzeuge (ausgenommen Straßenfahrzeuge) und Industriegeräte mit Dieselmotor
  - C2 Fahrzeuge (ausgenommen Straßenfahrzeuge) und Industriegeräte mit Ottomotoren über 20 kW Leistung
- D Konstante Drehzahl
  - D1 Stromerzeugungsanlagen, Bewässerungspumpen
  - D2 Stromerzeugungsaggregate mit intermittierender Belastung
- E Schiffsmotoren
  - E1 Dieselmotoren für Boote mit Längen unter 24 m, ausgenommen Motoren für Schlepp- und Bugsierboote
  - E2 Hoch beanspruchte Motoren für Schiffsantriebe mit konstanter Drehzahl ohne Längenbegrenzung der Schiffe

- E3** Hoch beanspruchte Motoren mit (auf Propellerkurve) für den Schiffshauptantrieb ohne Längenbegrenzung der Schiffe
- E4** Ottomotoren (auf Propellerkurve) für Boote < 24 m Länge, ausgenommen Motoren für Schlepp- und Bugsierboote
- E5** Dieselmotoren (auf Propellerkurve) für Boote unter 24 m Länge, ausgenommen Motoren für Schlepp- und Bugsierboote
- F** Bahnmotoren
- G** Motoren mit Leistungen üblicherweise unter 20 kW für universelle Einsatzzwecke und Geräte für Gartenbearbeitung
  - G1** Nicht handgehaltene Anwendungen mit Zwischendrehzahl
  - G2** Nicht handgehaltene Anwendungen mit Nenndrehzahl
  - G3** Handgehaltene Anwendungen mit Nenndrehzahl

### Wichtungsfaktoren (Mitteldruck auf Vollastkurve bezogen)

Prüfstufe B-Zyklus	Drehzahl	$p_{me}/p_{meF\ max}$	Zyklus						
			C1	C2	D1	D2	E1	E2	F
<b>1</b>	Nenndrehzahl	1	0,15		0,3	0,05	0,08	0,2	0,15
<b>2</b>		0,75	0,15		0,5	0,25	0,11	0,5	
<b>3</b>		0,5	0,15		0,2	0,3		0,15	
<b>4</b>		0,25		0,06		0,3		0,15	
<b>5</b>		0,1	0,1			0,1			
<b>6</b>	Zwischen-drehzahl	1	0,1	0,02					
<b>7</b>		0,75	0,1	0,05			0,19		
<b>8</b>		0,5	0,1	0,32			0,32		0,25
<b>9</b>		0,25		0,3					
<b>10</b>		0,1		0,1					
<b>11</b>	Leerlauf	0	0,15	0,15			0,3		0,6

### Zwischendrehzahl:

- Bei Motoren, die für den Betrieb auf der Vollastkurve vorgesehen sind, ist als Zwischendrehzahl die Drehzahl anzugeben, die bei dem größten Drehmoment auftritt, wenn die Drehzahl zwischen 60 und 75 Prozent der Nenndrehzahl liegt.
- Wenn das größte erklärte Drehmoment bei einer Drehzahl unter 60 Prozent der Nenndrehzahl liegt, muss die Zwischendrehzahl 60 Prozent der Nenndrehzahl sein.
- Wenn das größte erklärte Drehmoment bei einer Drehzahl über 75 Prozent der Nenndrehzahl liegt, muss die Zwischendrehzahl 75 Prozent der Nenndrehzahl sein.
- Bei Motoren, die bei stationären Betriebsbedingungen unterhalb der Vollastkurve betrieben werden, liegt die Zwischendrehzahl üblicherweise zwischen 60 und 70 Prozent der Nenndrehzahl.
- Für Motoren, die nach dem Prüfzyklus G1 geprüft werden, muss die Zwischendrehzahl bei 85 Prozent der höchsten Nenndrehzahl liegen.

**Wichtungsfaktoren** (für Prüfzyklen basierend auf Propellerkurve)

Prüfstufe	Drehzahl $n/n_n$	Leistung $P/P_n$	Zyklus	
			E3	E5
1	1,00	1,00	0,20	0,08
2	0,91	0,75	0,50	0,13
3	0,80	0,50	0,15	0,17
4	0,63	0,25	0,15	0,32
5	Leerlauf	0,00		0,30

**ECE R49 –Prüfzyklus**

Stationärer Nutzfahrzeug-Testzyklus (Euro II) entspricht ISO 8178-4, A-Zyklus.

Prüfstufe	Drehzahl $n/n_n^3$	Mitteldruck $p_{me}/p_{me,max}$	Wichtungsfaktor
1	Niedriger Leerlauf	0,00	0,25/3
2	Zwischendrehzahl	0,10	0,08
3		0,25	0,08
4		0,50	0,08
5		0,75	0,08
6		1,00	0,25
7		Niedriger Leerlauf	0,00
8	Nenn Drehzahl	1,00	0,10
9		0,75	0,02
10		0,50	0,02
11		0,25	0,02
12		0,10	0,02
13	Niedriger Leerlauf	0,00	0,25/3

**ECE/EU Rauchmessung (ECE R 24/03 bzw. 97/20/EG)**

Messung des Lichtabsorptionskoeffizienten (Trübung) des Abgases bei allen Fahrzeugen mit Dieselmotor (Nutzfahrzeuge bis Stufe EURO II)

- 1. Prüfung** bei gleich bleibenden Drehzahlen unter Volllast
- Messung des Vollastrauches bei 6 verschiedenen konstanten Drehzahlen zwischen Nenn Drehzahl und 45 Prozent der Nenn Drehzahl oder  $1000 \text{ min}^{-1}$
  - Bei ECE R 24/03: 7. Messpunkt bei maximalem Drehmoment

### 2. Prüfung bei freier Beschleunigung

- Messung des Rauches bei freier Beschleunigung des Motors von Leerlauf auf Höchstdrehzahl
- Grenzwertvorgabe nur bei Motoren mit Abgasturbolader

## RMC – Ramped Mode Cycle

- Stationärer Nonroad-Testzyklus der EPA (für Nonroad-Motoren, Tier 4)
- Prüfstufen der ISO-Prüfzyklen werden mit Übergangsphasen von 20 Sekunden Dauer (Rampen) verbunden.
- Der gesamte Test ist dann in vorgegebener Zeit ohne Unterbrechung zu durchfahren

## NRTC – Nonroad Transient Cycle

- Dynamischer Test für mobile Maschinen und Geräte.
- Gilt für USA Tier 4 zur Messung der Partikel- und gasförmigen Emissionen.
- Ist für die EU-Stufen IIIB und IV zu verwenden zur Messung von Partikelemissionen bei allen Motoren für mobile Maschinen mit Ausnahme von Motoren mit konstanter Drehzahl, Bahnmotoren und Binnenschiffsmotoren.
- Die Hersteller können diesen Test auch zur Messung für EU-Stufe IIIA und für die Messung gasförmiger Schadstoffe in den EU-Stufen IIIB und IV verwenden.

## US – Rauchttest (Nfz- und Nonroad-Motoren)

- Messung der Abgastrübung bei instationärem Motorbetrieb auf dem Prüfstand
- Ausgehend vom Leerlauf wird der Motor in zwei Phasen mit kurzer Unterbrechung beschleunigt (Acceleration-mode).
- Dann wird er bei Nenn Drehzahl und Nennleistung betrieben, um anschließend durch Erhöhung der Last bis zur Zwischendrehzahl gedrückt zu werden (Lugging-mode).
- Daraufhin wird wieder bis auf Leerlauf heruntergefahren.
- Dieser Zyklus wird dreimal wiederholt, wobei aus den Messwerten aller drei Testläufe eine mittlere Trübung bei der Beschleunigung (Acceleration-Wert), eine mittlere Trübung beim Drücken (Lugging-Wert) und ein Maximalwert für die Trübung (Peak-Wert) ermittelt wird.

## US – Lokomotiv-Prüfzyklus

Infolge der besonderen Betriebsbedingungen der Lokomotiven in den USA hat die EPA einen eigenen Prüfzyklus erarbeitet.

Prüfstufe	Einstellung	Zeitdauer (Minuten)	Wichtungsfaktor Streckenzyklus	Wichtungsfaktor Rangierzyklus
<b>Aufwärmen</b>	Notch 8	5 ± 1	0 <sup>A</sup>	0 <sup>A</sup>
<b>Aufwärmen</b>	Niedrigster Leerlauf	max. 15	0 <sup>A</sup>	0 <sup>A</sup>
<b>1a</b>	niedriger Leerlauf <sup>B</sup>	6	0,190	0,299
<b>1</b>	Normaler Leerlauf <sup>C</sup>	6	0,190	0,299
<b>2</b>	dynamisches Bremsen	6	0,125	0
<b>3</b>	Notch 1	6	0,065	0,124
<b>4</b>	Notch 2	6	0,065	0,123
<b>5</b>	Notch 3	6	0,052	0,058
<b>6</b>	Notch 4	6	0,044	0,036
<b>7</b>	Notch 5	6	0,038	0,036
<b>8</b>	Notch 6	6	0,039	0,015
<b>9</b>	Notch 7	6	0,030	0,002
<b>10</b>	Notch 8	max. 15	0,162	0,008

<sup>A</sup> keine Messung

<sup>B</sup> entfällt, falls nicht so ausgerüstet

<sup>C</sup> ist nur eine Leerlaufstufe vorhanden, wird deren Wichtung verdoppelt

## Berechnung Zykluswert

Der Zykluswert  $E_x$  (g/kWh) wird aus den an den Zykluspunkten 1 bis  $i$  mit Leistungen  $P_i$  und den Wichtungsfaktoren  $W_i$  gemessenen Schadstoff-Massenströmen  $M_{xi}$  (g/h) folgendermaßen berechnet:

$$E_x = \frac{\sum_{n=1}^i M_{xi} \cdot W_i}{\sum_{n=1}^i P_i \cdot W_i}$$

## KRAFTSTOFFE

EU-Richtlinien 98/70/EG  
(Änderung durch 2003/17/EG) und 2005/33/EG

- **Dieselmotoren:** Gasöle, die unter den KN-Code 27 10 19 41 fallen und zum Antrieb von Fahrzeugen im Sinne der Richtlinien 70/220/EWG und 88/77/EWG verwendet werden.
- Die Mitgliedstaaten stellen sicher, dass bis spätestens zum **1. 1. 2005** Dieselmotoren mit einem Schwefelhöchstgehalt von 10 mg/kg in ihrem Hoheitsgebiet in Verkehr gebracht wird. In allen anderen Aspekten muss der Kraftstoff den unten angegebenen Spezifikationen genügen.
- Ab dem **1. 1. 2009** darf nur mehr Dieselmotoren in Verkehr gebracht werden, der den unten angegebenen Spezifikationen genügt und dessen Schwefelgehalt maximal 10 mg/kg beträgt.

Merkmale <sup>A</sup>	Einheit	Mindestwert <sup>B</sup>	Höchstwert <sup>B</sup>
<b>Cetanzahl</b>		51	-
<b>Dichte bei 15°C</b>	kg/m <sup>3</sup>	-	845
<b>Siedeverlauf 95 % (v/v) rückgewonnen bei</b>	°C	-	360
<b>Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe</b>	% m/m	-	11
<b>Schwefelgehalt</b>	ppm	-	50 10 <sup>C</sup>

<sup>A</sup> Prüfverfahren nach EN 590:1999

<sup>B</sup> „Tatsächliche Werte“ nach ISO 4259

<sup>C</sup> Ab 1. 1. 2009 muss der vorgegebene Schwefelhöchstgehalt von jedem in Verkehr gebrachten Dieselmotoren erfüllt werden.

- Weiterhin sollen die Mitgliedstaaten sicherstellen, dass in Verkehr gebrachte Gasöle, die zur Verwendung in **mobilen Maschinen und Geräten** oder in **land- und forstwirtschaftlichen Zugmaschinen** bestimmt sind, einen maximalen Schwefelanteil von 2000 mg/kg haben.
- Ab dem **1. 1. 2008** liegt der maximal zulässige Schwefelgehalt von oben genannten Gasölen bei 1000 mg/kg

- Für **Binnenschiffe** legt die Richtlinie 2005/33/EG ab 1. 1. 2010 einen Schwefelgehalt von 1000 mg/kg fest.
- Für **Seeschiffe** legt die Richtlinie 2005/33/EG für bestimmte Gebiete (sog. SO<sub>x</sub>-Emissions-Überwachungsgebiete – SECA) die folgenden Schwefelhöchstgrenzen fest: 1,5 % Schwefelgehalt für die Nordsee (11. 8. 2007) und für die Ostsee sowie für Passagierschiffe, die zwischen EU-Häfen verkehren (11. 8. 2006); 0,1 % für alle Schiffe an Liegeplätzen der EU (1. 1. 2010).

## USA 40 CFR

- Für Mobile Maschinen gilt ein Schwefelgehalt von 500 ppm ab 2007 und 15 ppm ab 2010.
- Für Bahnen und Schiffe ein Schwefelgehalt von 15 ppm ab 2012

## IMO Schiffskraftstoffe

Die IMO reduziert den Schwefelanteil in Schiffskraftstoffen weiter. Einzelheiten siehe Kapitel „Schiffe“.

## UMRECHNUNG

Bei Verwendung von schwefelfreiem Dieselkraftstoff (10 ppm Schwefel) nach EN 590 mit der Dichte  $\rho = 830 \text{ kg/m}^3$  (15° C) gilt näherungsweise:

Umrechnung  $\text{g/m}_n^3$  (5 % O<sub>2</sub>) – g/kWh:

$$EP_i = EA_i \cdot b_{\text{eff}} \cdot \frac{m_N^3}{73\text{g}} \qquad EA_i = EP_i \cdot \frac{73\text{g}}{m_N^3 \cdot b_{\text{eff}}}$$

Umrechnung bei verschiedenen Restsauerstoffgehalten (nach TA Luft):

$$EA_i = EX_i \cdot \frac{21-5}{21-X}$$

Umrechnung ppm – g/kWh:

$$EP_i = EV_{i,d} \cdot \frac{M_i}{M_{\text{Exh,d}}} \cdot \frac{\dot{m}_{\text{Exh,d}}}{P_{\text{eff}}} = EV_{i,w} \cdot \frac{M_i}{M_{\text{Exh,w}}} \cdot \frac{\dot{m}_{\text{Exh,w}}}{P_{\text{eff}}}$$

$EP_i$  Masse der Schadstoffkomponente i auf  $P_{\text{eff}}$  bezogen (g/kWh)

$EA_i$  Masse der Schadstoffkomponente i auf Abgasvolumen (trockenes Abgas mit 5 % Restsauerstoff bei Normbedingungen) bezogen ( $\text{g/m}_n^3$ )

$EX_i$  Masse der Schadstoffkomponente i auf Abgasvolumen (trockenes Abgas mit X % Restsauerstoff bei Normbedingungen) bezogen ( $\text{g/m}_n^3$ )

$EV_i$  Abgasemissionswert der Komponente i als Volumenanteil (ppm)

$M_i$  Molmasse der Komponente i (kg/kmol)

$M_{\text{Abg}}$  Molmasse des Abgases (kg/kmol)

$\dot{m}_{\text{Abg}}$  Abgasmassenstrom (kg/h)

$P_{\text{eff}}$  Motorleistung (kW)

$b_{\text{eff}}$  Kraftstoffverbrauch, spezifisch (g/kWh)

Index d: trocken

Index w: feucht

Komponente	Molmasse kg/kmol	Bemerkung
NO <sub>2</sub>	46,006	NO <sub>x</sub> wird als NO <sub>2</sub> behandelt
CO	28,0104	
HC	13,876	HC 1
SO <sub>2</sub>	64,061	
Abgas trocken	30,21 / 29,84	5 % O <sub>2</sub> / 9,6 % O <sub>2</sub>
Abgas feucht	28,84 / 28,82	5 % O <sub>2</sub> / 9,6 % O <sub>2</sub>



- Bei 5 % Restsauerstoff (entsprechend einem Luftverhältnis von ca. 1,3) und  $b_{\text{eff}} = 210 \text{ g/kWh}$  gilt näherungsweise:

$$\frac{\dot{m}_{\text{Abg,t}}}{P_{\text{eff}}} = 3873 \text{ g/kWh} \qquad \frac{\dot{m}_{\text{Abg,f}}}{P_{\text{eff}}} = 4160 \text{ g/kWh}$$

- 1000 ppm NOx, feucht gemessen entsprechen  $2310 \text{ mg/m}_n^3$ , t, 5 % (6,60 g/kWh)
- 100 ppm HC, feucht gemessen entsprechen  $70 \text{ mg/m}_n^3$ , t, 5 % (0,20 g/kWh)
- 100 ppm CO, trocken gemessen entsprechen  $125 \text{ mg/m}_n^3$ , t, 5 % (0,36 g/kWh)
- Bei einem Luftverhältnis von ca. 1,8 (entsprechend einem Restsauerstoffgehalt von ca. 9,6 %) und  $b_{\text{eff}} = 210 \text{ g/kWh}$  gilt näherungsweise:

$$\frac{\dot{m}_{\text{Abg,t}}}{P_{\text{eff}}} = 5400 \text{ g/kWh} \qquad \frac{\dot{m}_{\text{Abg,f}}}{P_{\text{eff}}} = 5710 \text{ g/kWh}$$

- 1000 ppm NOx, feucht gemessen entsprechen  $9,10 \text{ g/kWh}$  ( $3150 \text{ mg/m}_n^3$ , d, 5 %)
- 100 ppm HC, feucht gemessen entsprechen  $0,27 \text{ g/kWh}$  ( $95 \text{ mg/m}_n^3$ , d, 5 %)
- 100 ppm CO, trocken gemessen entsprechen  $0,51 \text{ g/kWh}$  ( $176 \text{ mg/mm}_n^3$ , d, 5 %)

### Einheiten:

Energie	1 J	= 1 Nm	= 1 Ws	= 1 VAs
	1 Wh	= 3,6 kJ		
	1 kWh	= 3,6 MJ		
Leistung	1 W	= 1 VA	= 1 J/s	= 1 Nm/s
Kraft	1 N	= 1 kgm/s <sup>2</sup>		
Druck	1 Pa	= 1 N/m <sup>2</sup>		
	1 bar	= 10 <sup>5</sup> Pa		

### Umrechnung von Nicht-SI-Einheiten:

#### Länge

Inch	1 in	= 25,4 mm	
Foot	1 ft	= 304,8 mm	= 12 in
Yard	1 yd	= 914,4 mm	= 3 ft
Statute mile	1 mi	= 1609,34 m	= 1760 yd
Nautical mile	1 nm	= 1852 m intern.	Seemeile

## 58 UMRECHNUNG

### Fläche

Square inch      1 sq in      = 645,16 mm<sup>2</sup>

### Volumen

Cubic inch      1 cu in      = 0,016387 Liter  
Gallon (US)      1 gal (US)      = 3,78541 Liter  
Gallon (UK)      1 gal (UK)      = 4,54609 Liter  
Liquid barrel (US)      1 liq bbl      = 119,24 Liter  
Barrel Petroleum      1 bbl      = 158,99 Liter für Rohöl

### Masse

Grain      1 gr      = 64,7989 mg  
Ounce      1 oz      = 28,3495 g  
Pound mass      1 lbm      = 0,45359 kg      = 16 oz      = 7000 gr  
Hundredweight (US)      1 cwt (US)      = 45,3592 kg      = 1 short cwt      = 100 lbm  
Hundredweight (UK)      1 cwt (UK)      = 50,8023 kg      = 1 long cwt      = 112 lbm  
Ton (US)      1 ton (US)      = 907,185 kg      = 1 short ton      = 2000 lbm  
Ton (UK)      1 ton (UK)      = 1016,05 kg      = 1 long ton      = 2240 lbm

### Kraft

Pound force      1 lbf      = 4,44822 N

### Druck

Atmosphäre      1 atm      = 1,01325 bar  
Wassersäule      1 mm WS      = 9,80665 Pa  
Quecksilbersäule      1 mm Hg      = 133,322 Pa      = 1 Torr  
Psi      1 lbf / in<sup>2</sup>      = 6894,76 Pa pound per square inch

### Energie

Kalorie      1 kcal      = 4186,8 J  
Foot pound-force      1 ft lbf      = 1,35582 J  
British thermal unit      1 Btu      = 1055,06 J  
Steinkohleeinheiten      1 kg SKE      = 29,3076 MJ      = 8,141 kWh  
Öleinheiten      1 kg OE      = 41,868 MJ      = 11,63 kWh

### Leistung

Pferdestärke, metr.      1 PS      = 735,499 W  
Horsepower, HP      1 bhp      = 745,70 W      = 550 ft • lbf/s

### Temperatur

T (K)      = t (°C) + 273,15  
t (°C)      = 5/9 • (t(°F) – 32) .

## Glossar

### Abgasbestandteile

CO	Kohlenmonoxid
HC	Hydrocarbon, Kohlenwasserstoffe
NO <sub>x</sub>	Stickstoffoxide
NMHC	Nicht-Methan Kohlenwasserstoffe
PM	Particulate matter, Partikelemission
SO <sub>x</sub>	Schwefeloxid
THC	Total HC, Gesamt HC
VOC	Flüchtige organische Substanzen (entspricht HC)

### Vorschriften

BSO	Bodensee Schifffahrtsordnung
CFR	Code of Federal Regulations (Sammlung der US Vorschriften)
RheinSchUO	Rheinschifffahrts-Untersuchungsordnung
TA-Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (deutsche Verwaltungsvorschrift für Genehmigungsbehörden)

### Behörden und Organisationen

EC	Europäische Kommission
ECE	Economic Commission for Europe (UN-Wirtschaftsausschuss für Europa)
EPA	Environmental Protection Agency (Umweltbehörde der USA)
EU	Europäische Union
CARB	California Air Resources Board (Umweltbehörde Kalifornien)
IMO	International Maritime Organization (Internationale Seeschifffahrtsorganisation)
UIC	Union International des Chemins de Fer (Internationaler Eisenbahnverband)
UN	United Nations
ZKR	Zentralkommission für die Rheinschifffahrt

### Motor-/Anlagen-Parameter

$m_n^3$	Normkubikmeter
MW <sub>e</sub>	Megawatt elektrisch
MW <sub>th</sub>	Megawatt thermisch
$n_n$	Motor-Nenn Drehzahl (1/min)
$P_n$	Motor-Nennleistung
$V_{h,z}$	Hubraum pro Zylinder (Liter)

