

Die Diesel-Technologie: Fragen und Antworten

(Stand: 6. September 2016)

Inhaltsverzeichnis

1.	Der Dieselmotor: Technische Erläuterungen.....	2
1.1	In aller Kürze: Otto- und Dieselmotor – Welche Unterschiede gibt es?	2
1.2	Welche Emissionen entstehen im Verbrennungsprozess?.....	3
1.3	Wie hoch sind die Schadstoffgrenzwerte für Diesel-Pkw?.....	3
1.4	Welche Vor- und Nachteile hat das Emissionsverhalten eines Dieselantriebs?	4
1.5	Welche Technologien gibt es, um die Emissionen von Diesel-Pkw zu reinigen?.....	5
1.4.1	Der NO _x -Speicherkatalysator	6
1.4.2	Der SCR-Katalysator.....	6
1.4.3	Die Abgas-Rückführung (AGR)	7
2.	Das Zulassungsverfahren und mögliche Emissionsmesstechniken.....	8
2.1	Wie läuft eine Typprüfung ab?	8
2.2	Was genau ist der NEFZ (Neuer Europäischer Fahrzyklus)?.....	9
2.3	Was bedeutet die Einführung des WLTP (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure)?	9
2.4	Unterschiedliche Testwerte auf dem Prüfstand und im realen Fahrbetrieb: Wo liegen die Ursachen?.....	10
2.5	Seit wann sind Differenzen zwischen den Realemissionen und den Prüfstandswerten bekannt?	11
2.6	Was bedeutet RDE (Real Driving Emissions)?	12
2.7	Was ist ein „Defeat Device“?	13
3.	Luftqualität und Dieselmotor.....	14
3.1	Was genau bewirkt eigentlich NO ₂ ?.....	14
3.2	Was ist die effektivste Maßnahme, um die Grenzwerte künftig einzuhalten?	14
4.	Die wirtschaftliche Bedeutung der Dieselmotor.....	16
4.1	Wie hoch ist der Anteil von Dieselmotoren an den Pkw-Neuzulassungen in Deutschland und international?	16

1. Der Dieselmotor: Technische Erläuterungen

1.1 In aller Kürze: Otto- und Dieselmotor – Welche Unterschiede gibt es?

Im ottomotorischen **Brennverfahren** wird der Kraftstoff (Ottokraftstoff) im Brennraum mit einer Zündkerze entzündet. Der Dieselmotor hat keine Zündkerze. Vielmehr wird der Dieselmotorkraftstoff im Brennraum durch Selbstzündung entflammt. Diese Selbstzündung wird durch Drucke und damit hohe Temperaturen bei der Luftverdichtung / Kompression ausgelöst.

Ottomotor: Zündkerze, Ottokraftstoff

Dieselmotor: Selbstzündung, Dieselmotorkraftstoff

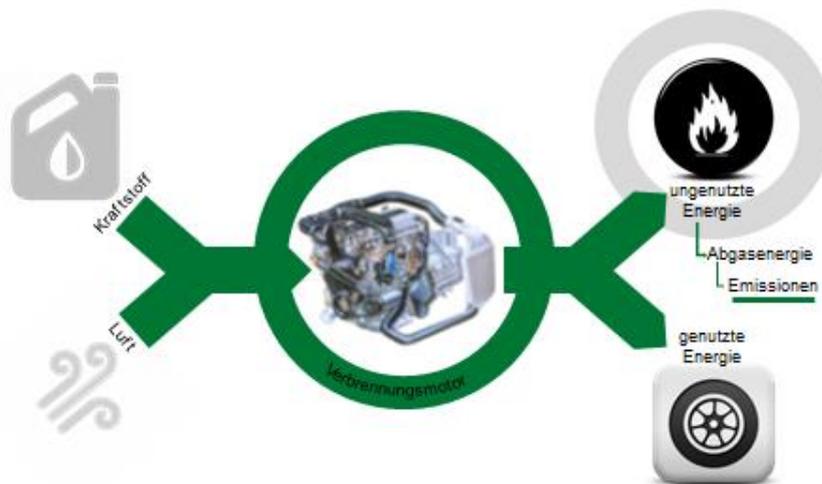


Abbildung: Die Energieumwandlung im Verbrennungsmotor

Durch höhere Verbrennungstemperaturen haben Dieselmotoren einen höheren **Wirkungsgrad** (Verhältnis eingesetzte Energie zu Nutzenergie) als Ottomotoren. Der Wirkungsgrad hängt von etlichen Faktoren, wie der Mechanik, der Zylinderanzahl, dem Brennverfahren, dem Verdichtungsverhältnis, der Abgasnachbehandlung etc., ab. Als grober Mittelwert kann ein Wirkungsgradvorteil des Dieselmotors von ca. 15 Prozent angenommen werden.

Neben dem Wirkungsgrad spielt die im Kraftstoff enthaltene **Energiemenge** [Joule pro Liter] eine entscheidende Rolle. In einem Liter Dieselmotorkraftstoff stecken ca. 10 Prozent mehr Energie als in einem Liter Ottokraftstoff.

Additiv ergeben der Wirkungsgradvorteil und der höhere Energiegehalt des Kraftstoffs einen Vorteil des Dieselmotors gegenüber dem Ottomotor von rund 30 Prozent (in Liter pro 100 km). Allerdings entstehen aus einem Liter verbrannten Dieselmotorkraftstoff rund 13 Prozent

mehr CO₂-Emissionen als bei der Verbrennung eines Liters Ottokraftstoffs (Kohlenstoffgehalt im Kraftstoff: 1 Liter Diesel ⇒ 2,63 kg CO₂; 1 Liter Otto ⇒ 2,33 kg CO₂). In Summe aus Wirkungsgrad, Energiegehalt und Kohlenstoffgehalt im Kraftstoff ergibt sich ein CO₂-Vorteil für Dieselmotoren von ca. 20 Prozent.

⇒ Weiterführende Informationen bietet die Broschüre ["Fakten und Argumente zum Kraftstoffverbrauch"](#)

1.2 Welche Emissionen entstehen im Verbrennungsprozess?

Kohlendioxid (CO₂) ist neben Wasser (H₂O) ein Produkt jeder Verbrennung und gilt nicht als Schadstoff, jedoch als klimarelevantes Gas. Als Nebenprodukte der Kraftstoffverbrennung werden die Schadstoffe HC (unverbrannte Kohlenwasserstoffe), CO (Kohlenmonoxid), NO_x (Stickoxide) und Partikel erzeugt.

Die Bildung von Emissionen während der Verbrennung ist ein hoch komplexer chemischer Vorgang. Stark vereinfacht gilt: Ottomotoren nutzen einen 3-Wege-Katalysator, der NO_x-, CO- und HC-Emissionen neutralisiert. Zudem sind die Rußemissionen von Ottomotoren sehr viel geringer als bei Dieselmotoren.

Aufgrund des Dieselmotorenverfahrens mit Luftüberschuss kann hier der 3-Wege-Katalysator nicht eingesetzt werden. Besonders Ruß- und NO_x-Emissionen sind beim Dieselmotor gegenläufig. Wenn NO_x reduziert wird, steigen zumeist die Ruß-Emissionen an (Trade-Off). Beim Dieselmotor werden Abgasnachbehandlungssysteme für die folgenden Emissionen genutzt (Erläuterung s. Absatz 1.4):

Oxidationskatalysator	Unterverbrannte Kohlenwasserstoffe (HC) und Kohlenmonoxid (CO)
Dieselpartikelfilter	Ruß und Partikel
NO _x -Katalysatoren	Stickoxide (NO _x)

1.3 Wie hoch sind die Schadstoffgrenzwerte für Diesel-Pkw?

Die Konzentration von HC, CO, NO_x und Partikeln ist von der Qualität der Verbrennung im Zylinder sowie der Abgasnachbehandlung abhängig. Daher sind für diese Schadstoffe europaweit gesetzliche Grenzwerte vorgeschrieben (s. Tabelle). Die ersten einheitlichen Abgasvorschriften für Pkw in der Europäischen Gemeinschaft traten 1970 in Kraft. Die heute übliche Bezeichnung „Euro-Norm“ wurde 1992 mit der Abgasstufe Euro 1 eingeführt, aktuell gilt die Euro-6-Norm. Im Zuge der Entwicklung von Euro 1 bis Euro 6 hat der Gesetzgeber die Höchstgrenzen für Stickoxide bei Pkw um 97 Prozent und für Partikel um 98 Prozent gesenkt.

Emissionsgrenzwerte für Pkw mit Dieselmotor Angaben in mg/km außer PN (1/km)							
Norm	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5 a	Euro 5 b	Euro 6
Typprüfung	ab 1. Jul. 1992	ab 1. Jan. 1996	ab 1. Jan. 2000	ab 1. Jan. 2005	ab 1. Sep. 2009	ab 1. Sep. 2011	ab 1. Sep. 2014
Erstzulassung	ab 1. Jan. 1993	ab 1. Jan. 1997	ab 1. Jan. 2001	ab 1. Jan. 2006	ab 1. Jan. 2011	ab 1. Jan. 2013	ab 1. Sep. 2015
CO	3160	1000	640	500	500	500	500
(HC + NO _x)	1130	700 / 900 ²	560	300	230	230	170
NO _x			500	250	180	180	80
PM	180	80 / 100 ²	50	25	5	4,5	4,5
PN	-	-	-	-	-	6·10 ¹¹	6·10 ¹¹

Tabelle: Emissionsgrenzwerte für Diesel-Pkw

1.4 Welche Vor- und Nachteile hat das Emissionsverhalten eines Dieselantriebs?

Seit jeher punktet der Dieselmotor im Vergleich zum Benziner mit seinem geringeren Kraftstoffverbrauch. Allerdings entstehen bei der Dieselerbrennung mehr Schadstoffe in Form von NO_x und Partikeln, die zusätzliche aufwendige Maßnahmen zur Abgasnachbehandlung erfordern. Im Spannungsfeld aus Kraftstoffverbrauch, Emissionen, Fahrleistungen und Fahrzeugkosten spielen Diesel und Benziner ihre jeweiligen Stärken in verschiedenen Fahrzeugklassen aus: Ein moderner Benziner macht vor allem Kleinwagen mit überschaubarer Jahresfahrleistung erschwinglich, wohingegen ein fortschrittlicher Diesel mit tendenziell höherer Laufleistung für niedrigen Verbrauch sorgt. Die Wahlmöglichkeit zwischen Benzin und Diesel hilft damit, dem jeweiligen Bedarf des Kunden zu entsprechen – vor allem bei den Kosten. Nicht von ungefähr dominiert das Diesellagregat die Flotten der Gewerbetreibenden einschließlich des Handwerks.

Ihr geringer CO₂-Ausstoß macht Dieselfahrzeuge zu einem unverzichtbaren Baustein bei der Umsetzung der europäischen Klimaschutzziele. Das zeigt ein Rechenbeispiel: 2015 waren 48 Prozent der neu zugelassenen Pkw in Deutschland mit einem Dieselmotor ausgestattet. Mit diesem Anteil betrug der durchschnittliche Ausstoß pro Pkw 128 g CO₂/km. Würde man nun alle neu zugelassenen Diesel- durch entsprechende Benzin-Pkw ersetzen, so ergäbe sich ein deutlich höherer Ausstoß von rund 134,7 g CO₂/km. Umgekehrt läge der Ausstoß bei gut 121 g CO₂/km, wenn alle Benziner durch Diesel ersetzt würden. Hier zeigt sich der Vorteil des Diesels: Bei einer durchschnittlichen Fahrleistung von jährlich 15.000 km und einem Neuzulassungsvolumen von 3,2 Millionen Pkw entspräche dies einer Einsparung von 634.000 t CO₂ pro Jahr. Das ist so viel, wie eine Kleinstadt mit 70.000 Einwohnern jedes Jahr emittiert.

Eine Herausforderung beim Dieselmotor sind dagegen vor allem die vergleichsweise hohen NO_x-Emissionen. Sie resultieren ebenso wie der geringe Kraftstoffverbrauch aus dem hohen Druck und damit hohen Verbrennungstemperaturen, die sich bei der Verbrennung im Zylinder des Dieselmotors aufbauen. Hier liegen Licht und Schatten eng beieinander, denn

generell gilt der Zusammenhang: Je besser die Verbrennung, desto höher die Temperatur und desto mehr NO_x entsteht. Daraus folgt eine Wechselwirkung zwischen der CO_2 -Reduzierung und der Entstehung von Stickoxiden: Maßnahmen zur CO_2 -Senkung führen oft zu höherer Stickoxidbildung, eine auf weniger Stickoxide optimierte Verbrennung bedeutet mehr CO_2 -Ausstoß – ein Zielkonflikt. Bei Euro-6-Fahrzeugen wird dieser Konflikt durch die aktive De NO_x - Abgasnachbehandlung (NO_x -Speicherkatalysator und/oder SCR-Technologie) gelöst.

1.5 Welche Technologien gibt es, um die Emissionen von Diesel-Pkw zu reinigen?

Um das Abgas beim Dieselmotor von den Schadstoffen aus der Verbrennung zu reinigen, müssen zusätzliche Systeme zur Nachbehandlung eingesetzt werden. Die erste Stufe ist typischerweise der **Oxidationskatalysator**. Dieser wandelt unverbrannte Kohlenwasserstoffe (HC) und Kohlenmonoxid (CO) in CO_2 und Wasser (H_2O) um.

Der **Dieselpartikelfilter (DPF)** reinigt in einer zweiten Stufe das Abgas von Ruß. Die erforderliche Reinigung des Filters erfolgt durch Verbrennung der eingelagerten Partikel. Der gewünschte Reinigungserfolg tritt aber nur ein, wenn der Partikelfilter eine Temperatur von mindestens 350 °C hat. Im Stadtverkehr ist das häufig nicht der Fall und der Filter muss aktiv freigebrannt werden. Dazu erhöht die Motorsteuerung die Abgastemperatur auf 600 °C . Allerdings ist das mit einem kurzzeitigen Mehrverbrauch und damit höheren CO_2 -Emissionen von bis zu 9 Prozent verbunden. Der Rußfilter eines Neuwagens hat einen Wirkungsgrad von fast 100 Prozent. Damit ist der Diesel quasi rußfrei.

Um die NO_x -Emissionen zu reduzieren, existieren als dritte Stufe zwei Technologien, die auch als Kombination eingesetzt werden können: der **NO_x -Speicherkatalysator (NSC)** und der **SCR-Katalysator**.

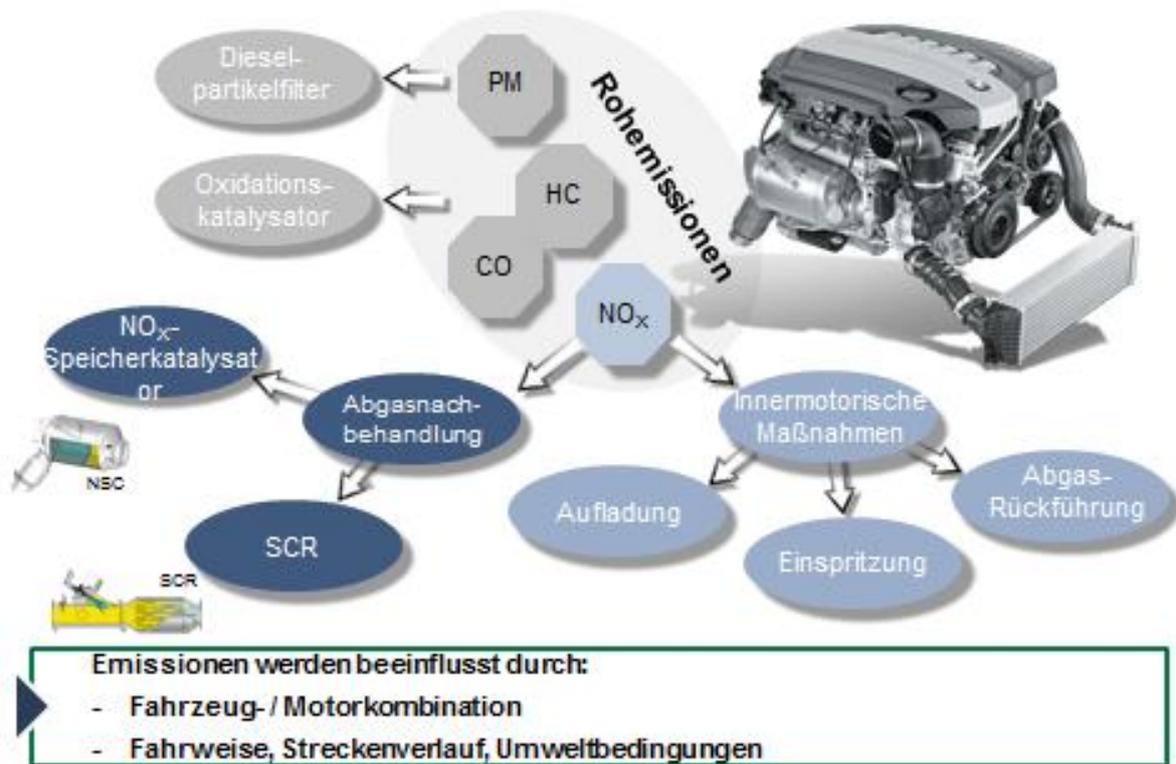


Abbildung: Die Abgasnachbehandlungssysteme im Überblick

1.4.1 Der NO_x-Speicherkatalysator

Der NO_x-Speicherkatalysator entzieht dem Abgas die Stickoxide und lagert sie ein, bis seine Aufnahmekapazität erreicht ist. Zu seiner Regeneration gibt die Motorelektronik dem Verbrennungsgemisch – wie beim Partikelfilter – kurzzeitig etwas mehr Dieselkraftstoff zu. Das gespeicherte NO_x wird in die neutralen Komponenten N₂ (Stickstoff), H₂O (Wasser) und CO₂ (Kohlendioxid) umgewandelt und der NO_x-Speicherkatalysator nimmt seine Arbeit von neuem auf. Der Speicherkatalysator kann NO_x nur in einem Temperaturbereich von 150 bis 500 °C speichern. Kritisch ist deshalb der Kaltstart, weil der Motor noch nicht die gewünschten Temperaturen erreicht hat. Anders ist es bei normaler Fahrt, dort hat er bei 300 bis 400 °C Betriebstemperatur seinen maximalen Wirkungsgrad von rund 80 Prozent. Der Mehrverbrauch des Fahrzeugs für die Regeneration des NO_x-Speicherkatalysators liegt im Mittel bei etwa 2 Prozent.

1.4.2 Der SCR-Katalysator

Beim SCR-Katalysator (selective catalytic reduction / selektive katalytische Reduktion) werden die NO_x-Emissionen durch Zugabe des Reduktionsmittels AdBlue abgebaut. AdBlue ist eine ungiftige und geruchlose Harnstofflösung. Sie wird bedarfsgerecht in den Abgasstrom eingespritzt und wandelt im SCR-Katalysator die NO_x-Emissionen in die

neutralen Komponenten Stickstoff (N_2) und Wasser (H_2O) um. Auch für den SCR-Katalysator gilt, dass nennenswerte NO_x -Umsätze erst oberhalb von etwa 200 °C erzielt werden. Sind Motor und Abgassystem auf Betriebstemperatur, entfernt der SCR-Katalysator bis zu 90 Prozent der NO_x -Emissionen aus dem Abgas. Vorteil dieses Systems: Der hohe Wirkungsgrad ermöglicht es, die Verbrennung auf geringen Verbrauch und damit niedrigere CO_2 -Emissionen einzustellen. Daher sind Kraftstoffeinsparungen bis zu 5 Prozent möglich. Der Nachteil: Das Reduktionsmittel AdBlue muss mit einem separaten Tank ins Fahrzeug integriert werden. Der Verbrauch liegt im Mittel bei 0,2 l/100 km. Mit der zunehmenden Verfügbarkeit von AdBlue und auch der steigenden Kundenakzeptanz ist die AdBlue-Verwendung erweitert worden, womit die NO_x -Emissionen zusätzlich reduziert wurden und werden.

1.4.3 Die Abgas-Rückführung (AGR)

Zur innermotorischen Reduktion von Emissionen wird seit vielen Jahren u.a. die Abgasrückführung genutzt. Im Fokus steht die Reduktion der NO_x -Emissionen. Hierzu wird ein Teilstrom des Abgases vor den Katalysatoren aus dem Abgasstrang abgezweigt. Dieser wird mit der Frischluft vermischt und dem Brennraum zugeführt. Technisch wird zwischen Hochdruck-AGR und Niederdruck-AGR unterschieden.

Die Abgasrückführung (AGR) ist geeignet, die NO_x -Emissionen des Dieselmotors zu senken. Durch die Rückführung von Abgas in den Zylinder ergeben sich eine Absenkung der sowohl Sauerstoffkonzentration als auch der Spitztemperatur. Jedoch steigen im Allgemeinen die Partikelemissionen deutlich an, da die Rußbildung durch die Verringerung der Sauerstoffzufuhr erleichtert wird. Stickoxid- und Rußemissionen verhalten sich somit bei Verstellung der motorischen Betriebsparameter gegenläufig zueinander. Dies ist der so genannte Partikel/ NO_x -Tradeoff. Ziel ist es daher, die gesamte Trade-off-Kurve zu verschieben, um sowohl Partikel- als auch NO_x -Emission zu verringern. Eine Maßnahme hierzu ist der Einsatz eines AGR-Kühlers.

2. Das Zulassungsverfahren und mögliche Emissionsmesstechniken

2.1 Wie läuft eine Typprüfung ab?

Die sogenannte Typprüfung muss jedes neue Fahrzeugmodell durchlaufen, bevor es auf den Markt kommt. In Europa ermittelt der Automobilhersteller dabei im aktuellen Prüfzyklus – derzeit noch im NEFZ (Neuer Europäischer Fahrzyklus), ab 2017 im WLTP (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure) (Erläuterungen s. Abschnitt 2.2 und 2.3) – an einem Prüffahrzeug Messwerte beispielsweise für HC, CO, NO_x und Partikel. Diese Daten werden von einem Technischen Dienst, zum Beispiel TÜV oder DEKRA) unter der Kontrolle der nationalen Typgenehmigungsbehörde überprüft. Erst auf der Grundlage dieser Tests erteilt die nationale Typgenehmigungsbehörde (in Deutschland das Kraftfahrtbundesamt KBA) die Typgenehmigung, die für die gesamte EU Gültigkeit hat. In der Produktion werden dann einzelne Fahrzeuge vom Band entnommen und auf Einhaltung der Grenzwerte getestet.

Die EU-Gesetzgebung sieht zudem eine Prüfung der im Betrieb befindlichen Fahrzeuge vor. Fahrzeuge im Feld müssen die ermittelten Grenzwerte für eine Laufleistung von 160.000 km bzw. fünf Jahre einhalten. Die Feldüberwachung der Bundesanstalt für Straßenwesen (durchgeführt vom TÜV Nord) zeigt, dass alle getesteten Fahrzeuge die Schadstoffemissionsgrenzen einhalten. Gleiches gilt für den Kraftstoffverbrauch. Auch hier haben die Nachmessungen von deutschen Pkw in den vergangenen Jahren die Übereinstimmung mit dem angegebenen NEFZ-Kraftstoffverbrauch im Rahmen der erlaubten 10-Prozent-Toleranz bestätigt.

Eine kontinuierliche Überprüfung des Abgassystems passiert zudem im Fahrzeug selbst. Die Motorelektronik überwacht durch eine On-Board-Diagnose (OBD) fortlaufend die Funktionstüchtigkeit – und dies ohne Kilometer- oder Altersbegrenzung. Tritt ein Defekt im Abgassystem auf, so wird dies durch Sensoranalytik und komplexe Fehlererkennungsalgorithmen erkannt und gespeichert, und der Fahrer wird vom Fahrzeug zum Werkstattbesuch aufgefordert. Die OBD ist damit deutlich leistungsfähiger als die regelmäßige Abgasuntersuchung, die nur alle zwei Jahre stattfindet und dabei nur lastfreie Messungen ermöglicht.

Stellt die Typgenehmigungsbehörde fest, dass ein Fahrzeugtyp die Anforderungen nicht erfüllt, muss der Fahrzeughersteller Maßnahmen zur Beseitigung der Mängel ausarbeiten. Gegebenenfalls muss eine Rückrufaktion erfolgen. Mit Einführung der RDE-Emissionstests 2017 werden künftig auch die Ergebnisse mit der mobilen PEMS-Messtechnik (Portable Emissions Measuring System) Teil der Typprüfung werden. Das gilt sowohl für die Typgenehmigung als auch für die Prüfung von Fahrzeugen aus dem Feld.

2.2 Was genau ist der NEFZ (Neuer Europäischer Fahrzyklus)?

Der Zyklus, in dem sich seit 1996 vom Kleinwagen bis zum Sportwagen alle Pkw messen lassen müssen, heißt „Neuer Europäischer Fahrzyklus“, kurz NEFZ. Er definiert, wie weit und wie schnell die Autos fahren, und für Fahrzeuge mit manuellem Getriebe auch, wann geschaltet wird. Diesen Zyklus durchfahren alle Fahrzeuge unter Aufsicht eines von der Typgenehmigungsbehörde akkreditierten Technischen Dienstes – natürlich nicht auf öffentlichen Straßen, sondern auf Prüfständen und unter Randbedingungen, die ebenfalls bis ins Detail normiert sind.

Der NEFZ wurde bereits Ende der achtziger Jahre entwickelt – mit dem primären Ziel, einen Standard für die Messung von Abgasschadstoffen – Kohlenmonoxid, Stickoxide und unverbrannte Kohlenwasserstoffe – zur Verfügung zu stellen. Dabei hat der NEFZ seine Rolle als faires Regelwerk erfüllt, das eine Vergleichbarkeit verschiedener Modelle ermöglicht und einzelne Hersteller weder bevorzugt noch benachteiligt. Obwohl der Zyklus ursprünglich einzig für Europa entwickelt wurde, hat er sich auch in anderen Regionen bewährt. China als größter Pkw-Markt der Welt hat genauso wie Argentinien, Australien oder Südafrika den europäischen Fahrzyklus für die lokale Gesetzgebung übernommen.

Allerdings ist der NEFZ nicht mehr zeitgemäß: Er hat einen zu hohen Stadtverkehrsanteil und die Beschleunigungen sind zu sanft. Zudem lässt er verschiedene Topografien der Landschaft sowie schnellere Autobahnfahrt unberücksichtigt, die maximale Geschwindigkeit von 120 km/h wird nur zehn Sekunden lang gefahren. Das Durchschnittstempo des NEFZ ist mit 34 km/h unrealistisch niedrig. Auch werden heute selbstverständliche Ausstattungen wie Radio oder Sitzheizung nicht berücksichtigt, da diese stark von unterschiedlichen Nutzerprofilen abhängen.

2.3 Was bedeutet die Einführung des WLTP (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure)?

2017 soll der NEFZ durch den repräsentativeren Standard WLTP (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure) ersetzt werden. Insgesamt bildet dieser mit höheren Durchschnittsgeschwindigkeiten bis 131 km/h, stärkeren Temposchwankungen und strikteren Prüfvorgaben den Verbrauch im realen Verkehr besser ab. Wie der NEFZ wird auch der WLTP auf dem Prüfstand ermittelt. Vorteilhaft ist, dass er damit standardisierte, reproduzierbare Prüfbedingungen für nationale und internationale Fahrzeughersteller vorschreibt. Den Kunden bietet er einen besseren Vergleichsmaßstab als der NEFZ für die Verbrauchs- und Emissionswerte verschiedener Fahrzeugmodelle. Den Herstellern liefert er eine rechtlich zuverlässige Grundlage zur Zertifizierung neuer Fahrzeuge.

Vergleich der Messverfahren WLTP (WLTC) und NEFZ (NEDC)		
Messwert	WLTP (WLTC)	NEFZ (NEDC)
Starttemperatur	Kalt	Kalt
Zykluszeit	30 min.	20 min.
Standzeitanteil	13 %	25 %
Zykluslänge	23.250 m	11.000 m
Geschwindigkeit mittel	46,6 km/h	34 km/h
Höchstgeschwindigkeit	131 km/h	120 km/h
Antriebsleistung mittel	7 kW	4 kW
Antriebsleistung maximal	47 kW	34 kW
Einfluss von Sonderausstattung und Klimatisierung	Keine Klimaanlage. Sonderausstattungen für Gewicht, Aerodynamik und Bordnetzbedarf (Ruhestrom) werden berücksichtigt	Keine Berücksichtigung

Abbildung: WLTP und NEFZ im Vergleich

2.4 Unterschiedliche Testwerte auf dem Prüfstand und im realen Fahrbetrieb: Wo liegen die Ursachen?

Jeder Testzyklus gibt in engen Grenzen ein genau definiertes Fahrprofil vor. Mit Hilfe von Testzyklen und den definierten Randbedingungen ist ein Vergleich des Emissionsverhaltens zwischen einzelnen Fahrzeugen möglich. Aber nicht alle Bedingungen im realen Straßenverkehr können im Labor getestet werden. So berücksichtigt die gesetzliche Prüfung die Topografie nicht, das Auto fährt quasi immer in der Ebene. Auch Kurven können nicht simuliert werden, weshalb die Richtlinie stete Geradeausfahrt vorschreibt. In der Realität benötigt das Durchfahren einer Kurve jedoch immer ein wenig zusätzliche Energie, da die Servolenkung betrieben werden muss und die Reifen mehr Verformungsarbeit zu leisten haben.

Noch wichtiger für den Realverbrauch: Die vom Gesetzgeber beabsichtigte Vergleichbarkeit ist nur durch ein normiertes Geschwindigkeitsprofil und normierte Randbedingungen zu erreichen. Wer gerne sportlich oder schnell auf der Autobahn fährt, muss häufiger beschleunigen. Die dafür benötigte Energie kommt aus dem Kraftstoff. Auch Tageszeit und Witterung unterscheiden sich bei jeder einzelnen Fahrt und können auf dem Prüfstand nicht vergleichbar reproduziert werden.

Einfluss auf den Realverbrauch hat auch die Klimaanlage, die zu einem Mehrverbrauch von kurzzeitig bis zu 2 l/100 km führen kann. Aus dem gleichen Grund fahren alle Pkw im Test auf Sommerreifen. Winterreifen haben von Natur aus einen höheren Rollwiderstand, da die Stollen größer sind und sich schlechter verformen. Sie erhöhen daher den Verbrauch ebenfalls signifikant um bis zu 0,5 l/100 km.

Hinzu kommt, dass viele der in den vergangenen Jahren entwickelten Technologien zur CO₂-Reduzierung auf dem Prüfstand oft stärker wirken als auf der Straße. Die heute weit verbreitete Start-Stopp-Technologie ist ein Beispiel. Im NEFZ reduziert sie den Kraftstoffverbrauch um rund 10 Prozent. In der Realität findet ein Fahrer einen solchen Verbrauchsvorteil nur im dichten Verkehr mit viel „Stopp-and-Go“.

Weil die Fahrzeuge immer effizienter werden, sinkt auch ihr im Prüfzyklus gemessener Wert. Bleibt gleichzeitig der Mehrverbrauch durch Features wie etwa die Klimaanlage konstant, steigt die verursachte Abweichung prozentual an, obwohl absolut weniger verbraucht wird. Im Regelfall sind die Unterschiede zwischen Prüfstandergebnissen und Werten aus Straßentests also technisch bedingt und von der individuellen Nutzung abhängig.

2.5 Seit wann sind Differenzen zwischen den Realemissionen und den Prüfstandswerten bekannt?

Das Umweltbundesamt veröffentlicht in unregelmäßigen Abständen das Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA). Das erste Handbuch 1.1 wurde 1995 zusammen mit den Umweltämtern der Schweiz und Österreich veröffentlicht (HBEFA 1.2 – 1999; HBEFA 2.1 – 2004; HBEFA 3.1 – 2010). Die aktuelle Fassung 3.2 wurde 2014 zusammen mit Schweiz, Österreich Schweden, Frankreich und Norwegen publiziert. Eine Novelle (3.3) ist in Planung und wird voraussichtlich erhöhte Euro-6-Faktoren beinhalten.

Diese umfangreiche Datenbank zu den Emissionen von Luftschadstoffen des Straßenverkehrs stellt Emissionsfaktoren von Kraftfahrzeugen für die wichtigsten Luftschadstoffe und den Kraftstoffverbrauch zusammen, die in der Maßeinheit "g/km" abgerufen werden können. Grundlage des Handbuchs sind Messprogramme für Labormessungen auf der Basis realer Fahrzyklen, sowie „Real world driving patterns“ – reales Fahrverhalten. Kurzgefasst sind im Handbuch somit weitgehend reale Fahrzeugemissionen dokumentiert. Der Unterschied zwischen EURO-Grenzwerten und Realemissionen ist seit Jahrzehnten bekannt und beachtlich.

Die Daten sind nach zahlreichen Parametern, wie Antriebsart (Otto-, Dieselfahrzeug), Fahrzeugkategorie (Pkw, Lkw, Bus, etc.), Fahrzeugkonzept (Euro-Normen), Fahrzeugschicht (jeweilige Hubraum- bzw. Gewichtsklasse), Straßenkategorie (innerorts, außerorts, Autobahn), der dazugehörigen Verkehrssituation (von freifließendem bis zu Stop-and-Go-Verkehr) sowie möglichen Abgasminderungstechniken gegliedert.

Die aktuelle Version des HBEFA wurde im Juli 2014 veröffentlicht. Diese Version 3.2 stellt im Vergleich zum HBEFA 3.1 aus 2010 ein „leichtes Update“ dar. Angepasst wurden vor allem die Emissionsfaktoren für Euro 5/V- und Euro 6/VI-Fahrzeuge, während die Emissionsfaktoren bis Euro 4/IV weitgehend unverändert blieben, ebenso wie Struktur und Methodik des Handbuchs insgesamt.

Aufgrund landesspezifischer Unterschiede, z. B. in der Flottenzusammensetzung, wird eine Differenzierung der Emissionsfaktoren nach Ländern vorgenommen. Das neue Handbuch umfasst die emissionspezifischen Daten von Deutschland, Österreich, der Schweiz, Schweden und Norwegen für den Zeitraum 1990-2030.

⇒ Weiterführende Informationen bietet [das Umweltbundesamt](#).

2.6 Was bedeutet RDE (Real Driving Emissions)?



Auch der moderne WLTP-Standard wird nicht den Kraftstoffverbrauch auf der Straße und die realen Emissionen in allen Fällen widerspiegeln.

Mit dem sogenannten RDE-Test (Real Driving Emissions), der ab Herbst 2017 für alle neuen Fahrzeugtypen verpflichtend ist, werden die Schadstoffemissionen des Fahrzeugs auf der Straße ermittelt, zusätzlich zum Labortest. Das soll die Unterschiede zwischen Prüfstand und Auto-Alltag künftig verringern. Auch Manipulationen sind damit nicht mehr möglich. Für den RDE-Test werden die Fahrzeuge mit der sogenannten PEMS-Technik (Portable Emission Measurement System) zur mobilen Emissionsmessung ausgerüstet. Da diese Systeme inzwischen auch für die eingeschränkten Platzverhältnisse in Pkw verfügbar sind, werden PEMS-Messungen ab 9/2017 auch hier obligatorisch – aktuell läuft die Monitoring-Phase. Im schweren Nutzfahrzeug ist der PEMS-Einsatz dagegen bereits Standard: Für schwere Nutzfahrzeuge ist die Messung der Emissionen im Realbetrieb mit der Einführung der Euro VI am 1. Januar 2013 Bestandteil der Typzulassungsprüfung geworden, auch muss der Hersteller seine Fahrzeuge im Feld überprüfen. Die geplante RDE-Regulierung misst die NO_x -Emissionen während einer Fahrt von 90 Minuten – und errechnet daraus den Mittelwert. Dieser darf den NEFZ-Grenzwert um einen festgelegten Konformitätsfaktor überschreiten, um Messungenauigkeiten der PEMS-Systeme zu berücksichtigen.

2.7 Was ist ein „Defeat Device“?

Im Regelfall sind die Unterschiede zwischen Prüfstandergebnissen und Werten aus Straßentests technisch bedingt und von der individuellen Nutzung abhängig. Anders verhält es sich in Einzelfällen, in denen bewusst Fahrzeugmodelle mit einer Manipulationssoftware ausgestattet oder Tests verfälscht wurden, sodass sehr hohe Diskrepanzen entstehen.

„Defeat Devices“ sind technische Vorkehrungen, die nur auf dem Prüfstand im Betrieb sind, und auf der Straße nicht. Solche Manipulationen sind unzulässig und haben mit den natürlichen Unterschieden zwischen Prüfstandergebnissen und Messungen auf der Straße nichts zu tun.

3. Luftqualität und Dieseltechnologie

Aktuell gibt es Vertragsverletzungsverfahren wegen der Überschreitung der Luftqualitätsgrenzwerte gegen eine ganze Reihe von EU-Ländern – darunter auch Deutschland. Die EU gibt Grenzwerte u.a. für Stickstoffdioxid pro Jahr und für einzelne Stunden vor. Der (höhere) Stundengrenzwert wird in Deutschland meist eingehalten. Der Jahresgrenzwert wurde 2015 an rund 60 Prozent der 220 Verkehrsmessstationen der Länder und des Bundes in Deutschland überschritten. An den anderen Messstationen sind keine Überschreitungen verzeichnet.

3.1 Was genau bewirkt eigentlich NO₂?

Die gesundheitliche Hauptwirkung von Stickstoffdioxid (NO₂) ist eine Irritation der tieferen Atemwege. Dabei muss zwischen Kurzzeitwirkung (Zeitraumen Stunden/Tage) und Langzeitwirkung (Monate bis Jahre) unterschieden werden:

Im Hinblick auf Kurzzeitwirkungen von NO₂ gibt es derzeit keine Hinweise, dass gesunde Menschen bei NO₂-Konzentrationen, wie sie in der Umwelt vorkommen können, gesundheitlich gefährdet sind. Menschen mit chronischen Atemwegserkrankungen oder Asthma können jedoch bei höheren NO₂-Konzentrationen gesundheitlich beeinträchtigt werden. Solche Konzentrationen liegen aber deutlich oberhalb der Immissionskonzentrationen in Europa.

Die aktuellen Luftqualitätsgrenzwerte von 200 µg/m³ für den 1-Std-Grenzwert und von 40 µg/m³ für den Jahresmittelwert berücksichtigen laut der „Air Quality Guidelines for Europe“ der WHO alle bekannten Studien und sind auch auf den Schutz von Kindern und anderen empfindlichen Personen ausgelegt. In Langzeitversuchen wurden erst bei Konzentrationen ab ca. 400 µg/m³ Veränderungen auf Zellebene beobachtet.

3.2 Was ist die effektivste Maßnahme, um die Grenzwerte künftig einzuhalten?

Dazu muss geklärt werden, woher die Emissionen eigentlich kommen. Diesel-Pkw sind nach Angaben des Umweltbundesamtes für rund ein Zehntel der NO_x-Emissionen in Deutschland verantwortlich, der gesamte Straßenverkehr für ein Drittel – an Verkehrsknotenpunkten auch für mehr. Zwischen 1990 und 2013 hat Deutschland die NO_x-Emissionen nach Angaben des Umweltbundesamtes um 56 Prozent gesenkt. Beim Straßenverkehr war die NO_x-Reduktion mit mehr als 70 Prozent noch stärker – trotz einer von 1990 bis heute um etwa die Hälfte gesteigerten Verkehrsleistung.

Wichtige Ursachen für erhöhte Werte in den Städten sind Stopp-and-Go-Verkehr und Staus. Untersuchungen des ADAC und der TU München zeigen, dass die grüne Welle und ein gleichmäßiger Verkehrsfluss die NO₂-Belastung bis zu knapp einem Drittel reduzieren. Exemplarisch konnte das auf einer Stuttgarter Straße belegt werden. Nach den Messungen des Landesumweltamtes wurde alleine durch eine Verflüssigung des Verkehrs die NO₂-

Immission drastisch reduziert. Der Vorteil der Grünen Welle: Sie wirkt über den gesamten Pkw-Bestand, da sie nicht nur bei Neufahrzeugen ansetzt. Zum Vergleich: Während in Deutschland pro Jahr rund 3 Mio. Pkw neu zugelassen werden, beziffert sich der gesamte Pkw-Bestand auf 45 Mio. Autos – also Faktor 15.

Zudem wird die steigende Anzahl von besonders schadstoffarmen Euro-6-Fahrzeugen die Luftqualität verbessern. So errechnet eine aktuelle Studie des Aachener Forschungsinstituts AVISO in Zusammenarbeit mit der TU Graz und dem Heidelberger Umweltinstitut ifeu, dass mit der normalen Marktdurchdringung von Euro 6 die Anzahl der Grenzwertüberschreitungen an den Messstellen innerhalb der kommenden fünf Jahre halbiert wird und mit Euro 6 die Luftqualitätsziele in den Städten erreicht werden ([zu den Ergebnissen der Studie](#)).

Für eine wirksame Verbesserung der Luftqualität in Städten kommt es also auf den richtigen Mix von Euro 6 in Verbindung mit RDE und verkehrlichen Maßnahmen an.

4. Die wirtschaftliche Bedeutung der Dieselsechnologie

4.1 Wie hoch ist der Anteil von Dieselmotoren an den Pkw-Neuzulassungen in Deutschland und international?

Aufgrund seiner technischen Vorteile ist auch die wirtschaftliche Bedeutung des Dieselmotors für die deutsche Automobilindustrie ständig gestiegen. Allein im vergangenen Jahr waren mit 2,74 Millionen 48 Prozent aller in Deutschland produzierten Pkw mit einem Dieselmotor ausgerüstet. Davon gingen knapp 2 Millionen Fahrzeuge in den weltweiten Export und davon wiederum etwa 1,5 Millionen in EU-Mitgliedsstaaten.

Aufgrund der führenden Position, die die deutsche Automobilindustrie bei der Dieselsechnologie weltweit hat, hängt ein maßgeblicher Anteil der derzeit etwa 800.000 Arbeitsplätze in der Automobilindustrie in Deutschland direkt und indirekt am Dieselantrieb. Das betrifft die Hersteller, aber vor allem auch die deutschen Automobilzulieferer.

Aktuell ist etwa jedes zweite Auto, das in Westeuropa neu zugelassen wird, ein Diesel. Und jeder zweite Diesel, der in Westeuropa verkauft wird, trägt ein deutsches Markenzeichen. Bei mittleren und schweren Nutzfahrzeugen hat der Dieselantrieb aufgrund seiner Wirtschaftlichkeit traditionell eine dominante Position. Sowohl bei der Produktion als auch beim Export liegt sein Anteil bei etwa 99 Prozent.