

NO_x- und NO₂-Emissionsmessungen von drei Euro 6 Dieselfahrzeugen bei konstanten Geschwindigkeiten auf dem Prüfstand

 Abschlussbericht



Baden-Württemberg

HERAUSGEBER	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Postfach 100163, 76231 Karlsruhe, www.lubw.baden-wuerttemberg.de
BEARBEITUNG	ADAC Technik Zentrum, Otto-Lilienthal-Straße 2, 86899 Landsberg am Lech, Leiter Test und Technik: Prof. Dr. Reinhard Kolke Leiter Fahrzeugtest: Dipl.-Ing. Christof Gauss Laborleiter: Dipl.-Ing. Axel Knöfel Berichtsersteller: Matthias Gall
REDAKTION	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Referat 33 – Luftqualität Dr. Werner Scholz
STAND	Juli 2014
BERICHTSUMFANG	34 Seiten

Nachdruck - auch auszugsweise - ist nur mit Zustimmung der LUBW unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

1. PROJEKTZIEL	1
2. PROJEKTBESCHREIBUNG	2
2.1. Messungen mit Kaltstart	2
2.2. Messungen mit warm gefahrenen Motor	4
3. ROLLENPRÜFSTAND UND MESSTECHNIK	6
3.1. Rollenprüfstand	6
3.2. CVS-Anlage	6
3.3. Abgasmeßanlage	6
3.4. Partikelmesseinrichtung Partikelmasse (PM)	6
3.5. Partikelmesseinrichtung Partikelanzahl (P#)	7
3.6. Prüfgasversorgung	7
3.7. Automatisierung	7
3.8. Gebäude- und Haustechnik	7
4. FAHRZEUGE	8
4.1. BMW 320d Touring EfficientDynamics Edition BluePerformance Automatic (DPF)	8
4.2. Mazda 6 Kombi 2.2 SKYACTIV-D i-ELOOP Center-Line	9
4.3. VW CC 2.0 BlueTDI DSG	10
5. PROJEKTDURCHFÜHRUNG UND AUSWERTUNG	11
5.1. Messungen mit Kaltstart	11
5.1.1. BMW 320d Touring EfficientDynamics Edition BluePerformance Automatic	11
5.1.2. Mazda 6 Kombi 2.2 SKYACTIV-D i-ELOOP Center-Line	13
5.1.3. VW CC 2.0 BlueTDI DSG	15
5.1.4. Zusammenfassung nach Kaltstart	17
5.2. Messungen mit warm gefahrenem Motor	23
5.2.1. BMW 320d Touring EfficientDynamics Edition BluePerformance Automatic	23
5.2.2. Mazda 6 Kombi 2.2 SKYACTIV-D i-ELOOP Center-Line	25
5.2.3. VW CC 2.0 BlueTDI DSG	27
5.2.4. Zusammenfassung nach Heißstart	29
5.3. Messergebnisse im NEFZ	30

6. ZUSAMMENFASSUNG	32
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	33
TABELLENVERZEICHNIS	34

1. Projektziel

Im folgenden Bericht wird das Verhalten von NO_x-Emissionen auf einem Abgasprüfstand bei unterschiedlichen konstanten Geschwindigkeiten nach einem Kaltstart und zusätzlich mit warm gefahrenem Motor bei drei Euro 6 Dieselfahrzeugen beschrieben.

Das Ziel ist, anhand dieser Emissionen zu überprüfen, ab bzw. bis zu welcher Motor- bzw. Öltemperatur (bzw. Geschwindigkeit) die unterschiedlichen Abgasnachbehandlungssysteme arbeiten, und ob die gesetzlichen Vorgaben (Euro 6 Diesel: 80 mg NO_x/km) eingehalten werden können.

Die drei Fahrzeuge haben jeweils ein unterschiedliches Abgassystem, um die strengen Euro 6 Diesलगrenzwerte einhalten zu können. Die unterschiedlichen Systeme sind ein NO_x-Speicherkatalysator und ein SCR-Katalysator. Beim dritten Fahrzeug werden die NO_x-Emissionen über innermotorische Maßnahmen geregelt.

2. Projektbeschreibung

2.1. Messungen mit Kaltstart

- a) Konstantfahrt mit 30 km/h, $T = 600$ s (Abbildung 2-5) im 3. Gang bzw. nach Schaltpunktanzeige oder bei Automatik in D nach abgeleiteter Beschleunigung von NEFZ (Phase 1, $T = 48 - 67$ s, bei 30 km/h abgeschnitten) auf $v = 30$ km/h

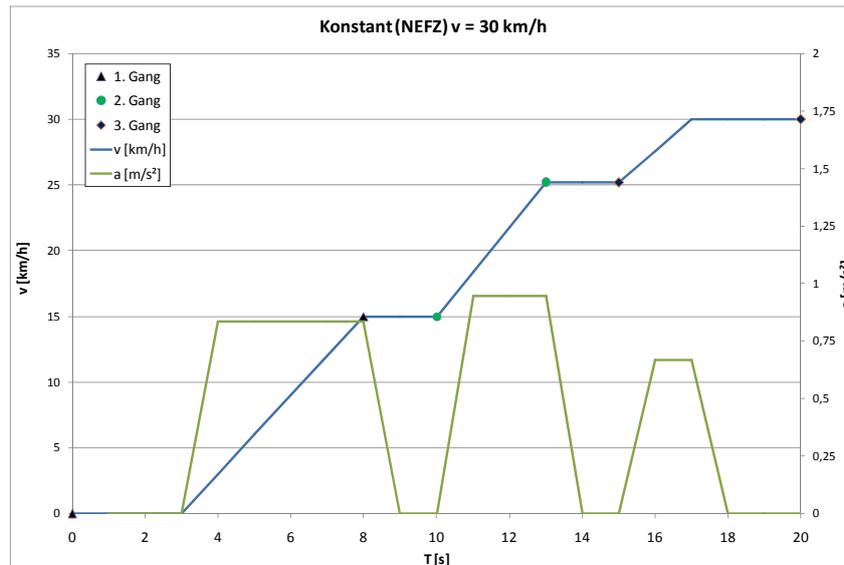


Abbildung 2-1: Beschleunigung 0 – 30 km/h

- b) Konstantfahrt mit 40 km/h, $T = 600$ s im 3. oder 4. Gang bzw. nach Schaltpunktanzeige oder bei Automatik in D nach abgeleiteter Beschleunigung von NEFZ (Phase 1, $T = 115 - 138$ s, bei 40 km/h abgeschnitten) auf $v = 40$ km/h

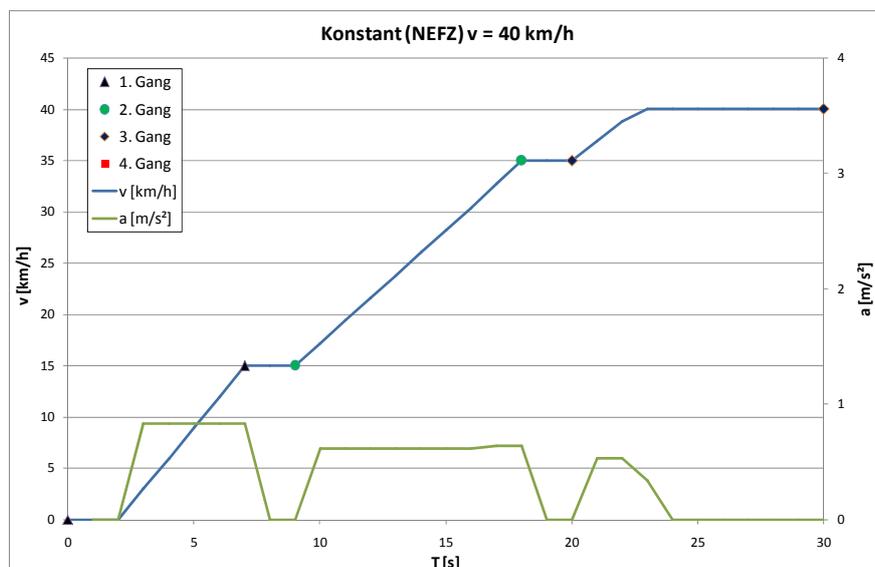


Abbildung 2-2: Beschleunigung 0 – 40 km/h

- c) Konstantfahrt mit 50 km/h, $T = 600$ s im 4. Gang bzw. nach Schaltpunktanzeige oder bei Automatik in D nach abgeleiteter Beschleunigung von NEFZ (Phase 2, $T = 800 - 828$ s, bei 50 km/h abgeschnitten) auf $v = 50$ km/h

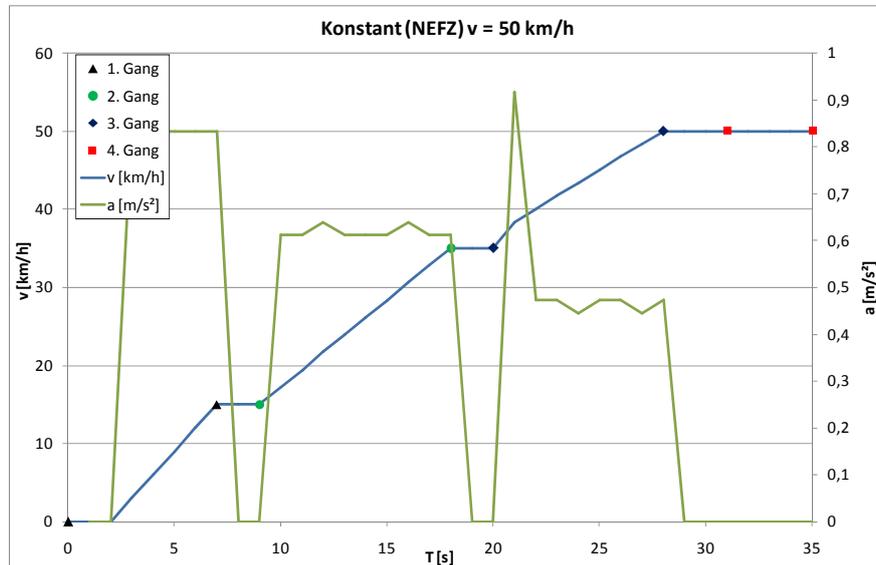


Abbildung 2-3: Beschleunigung 0 – 50 km/h

- d) Konstantfahrt mit 60 km/h, $T = 600$ s im 4. Gang bzw. nach Schaltpunktanzeige oder bei Automatik in D nach abgeleiteter Beschleunigung von NEFZ (Phase 2, $T = 800 - 834$ s, bei 60 km/h abgeschnitten) auf $v = 60$ km/h

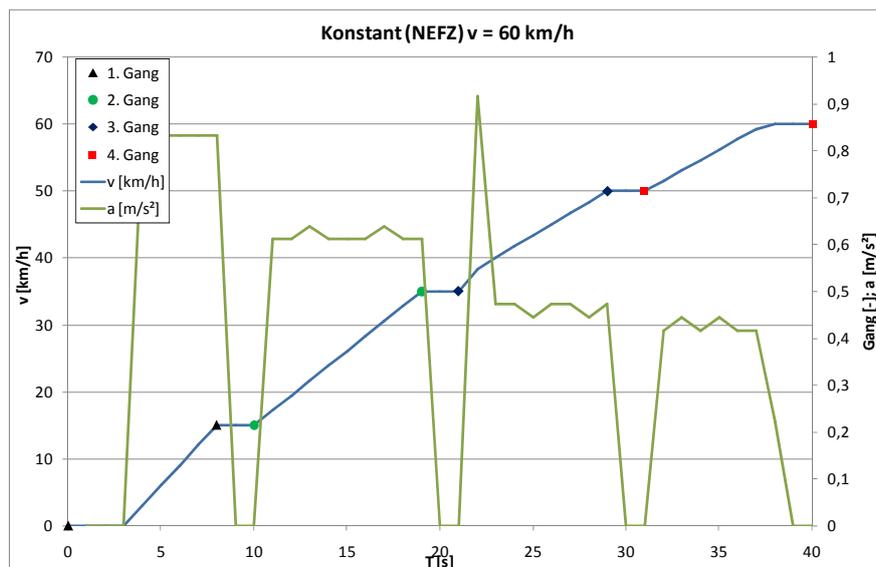


Abbildung 2-4: Beschleunigung 0 – 60 km/h

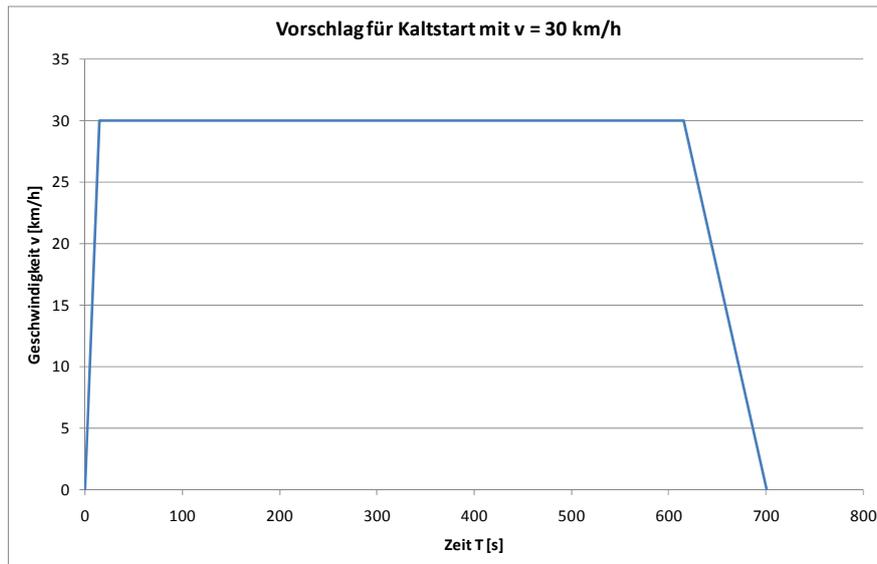


Abbildung 2-5: Beispiel für Zyklus „Kaltstart 30 km/h konstant“

2.2. Messungen mit warm gefahrenen Motor

Die Fahrzeuge werden auf die Geschwindigkeit $v = 80$ km/h beschleunigt und anschließend mit $v = 80$ km/h, bis der Motor auf Betriebstemperatur (Öltemperatur = ca. 80 °C) ist, konstant gefahren, danach:

- a) Verzögerung nach abgeleiteter Verzögerung von NEFZ (Phase 2, $T = 1142 - 1150$ s, bei 50 km/h abgeschnitten) auf $v = 50$ km/h und Konstantfahrt mit $v = 50$ km/h, $T = 300$ s oder mindestens solange, bis Temperatur vor SCR oder NO_x- Speicherkatalysator konstant ist, im 4. Gang bzw. nach Schaltpunktanzeige oder bei Automatik in D
- b) Verzögerung nach abgeleiteter Verzögerung von NEFZ (Phase 2, $T = 1150 - 1152$ s, bei 40 km/h abgeschnitten) auf $v = 40$ km/h und Konstantfahrt mit $v = 40$ km/h, $T = 300$ s oder mindestens solange, bis Temperatur vor SCR oder NO_x- Speicherkatalysator konstant ist, im 3. oder 4. Gang bzw. nach Schaltpunktanzeige oder bei Automatik in D
- c) Verzögerung nach abgeleiteter Verzögerung von NEFZ (Phase 2, $T = 1152 - 1154$ s, bei 30 km/h abgeschnitten) auf $v = 30$ km/h und Konstantfahrt mit $v = 30$ km/h, $T = 300$ s oder mindestens solange, bis Temperatur vor SCR oder NO_x- Speicherkatalysator konstant ist, im 3. Gang bzw. nach Schaltpunktanzeige oder bei Automatik in D

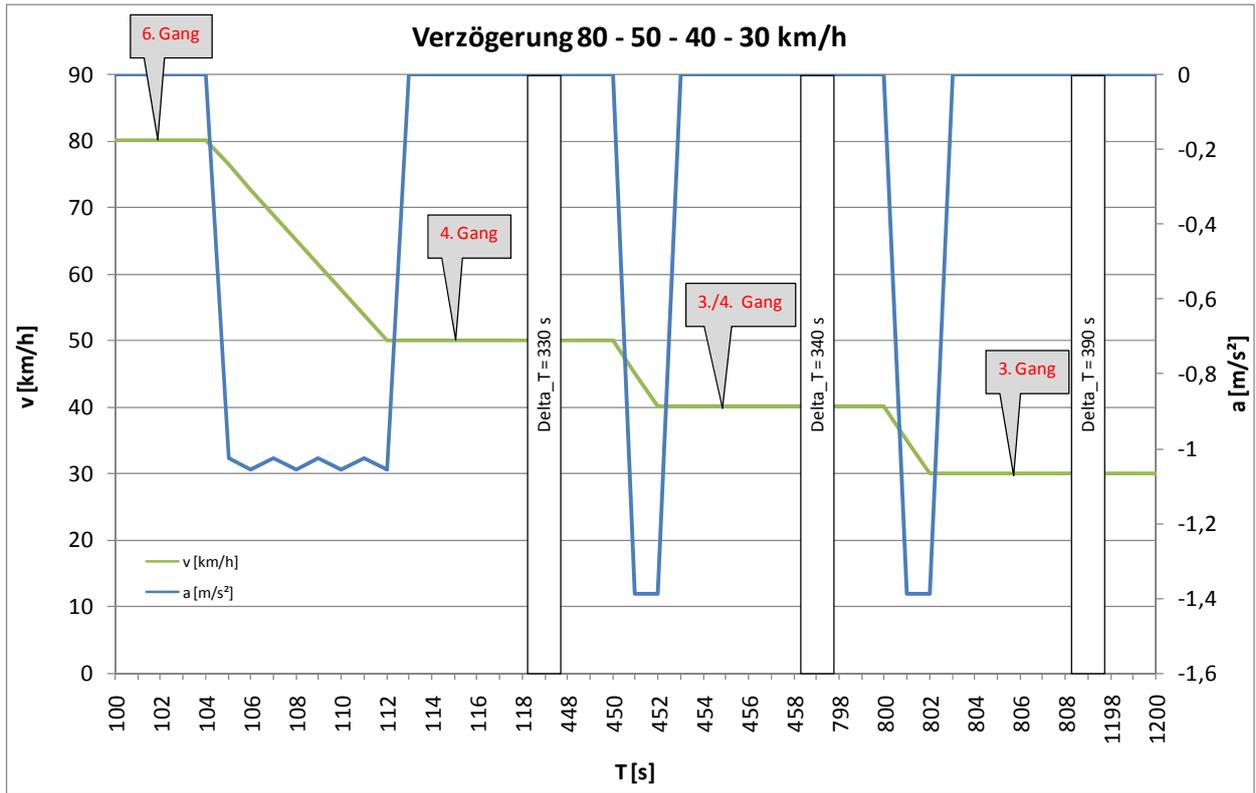


Abbildung 2-6: Verzögerungszyklus 80 – 50 – 40 – 30 km/h

3. Rollenprüfstand und Messtechnik

3.1. Rollenprüfstand

- Horiba Vulcan II EMS-CD48L 4WD
- 48-Zoll-Rollen mit beheizten Lagern
- Fahrzeuge von 470 kg (Motorrad) bis ca. 4500 kg (maximale Achslast 2,5 t)
- Leistungsbereich bis 2 x 260 kW
- Fahrwiderstandsregelung/Schwungmassensimulation über Asynchronmaschinen mit 4 Quadranten-Regelung,
- Steigung und Gefälle simulierbar
- beheizte Lager, dadurch Kältebetrieb bis -10°C möglich
- Fahrtwindsimulation bis 130 km/h

3.2. CVS-Anlage

- System HORIBA CVS 7400S mit Wärmetauscher
- Volumendurchsatz 3 - 30 m³/min
- 4 Venturi-Düsen, parallel eingebaut, 10 Schaltstufen möglich
- 4 Beutelpaare, (clean/ dirty/ environmental) zusätzlich Modalmessung
- Munters Verdünnungslufttrockner (bis 15 m³/min)
- Verdünnungstunnel spiegelpoliert

3.3. Abgasmeßanlage

- System HORIBA MEXA 7200H
- Analytik für CO, CO₂, THC/CH₄, bzw. NMHC, NO_x/NO simultan, bzw. NO₂

3.4. Partikelmesseinrichtung Partikelmasse (PM)

- System HORIBA DLS-7100E (Dilution Tunnel Sampler)
- Spiegelpolierter Verdünnungstunnel mit l = 3000 mm und d = 270 mm
- 4 Filterhalter in beheiztem HORIBA HFU-4770 (Heated Filter Unit)
- Partikelrückhaltevermögen von 99,9 % durch PALLFLEX Emfab Filter
- Mikrowaage Sartorius M-5P in Vötsch Hareus Klimaschrank

3.5. Partikelmesseinrichtung Partikelanzahl (P#)

- System HORIBA MEXA-1000SPCS (Solid Particle Counting System) zur Messung nichtflüchtiger Partikel
- Konform nach CE, FCC und UNECE (ECE/TRANS/WM.29/GRPE/2008/62)
- Messprinzip über Laser Streulichtmethode (Zähler der Fa. TSI Inc.)

3.6. Prüfgasversorgung

- System JAG beheizter Prüfgascontainer
- 30 unterschiedliche, zertifizierte Zero- und Spangase (für jeden erforderlichen Messbereich ein Spangas, Genauigkeit $\pm 1\%$, NIST Standard)
- Ausführung vollständig in Edelstahl
- JAG Prüfgasüberwachung
- Ados Prüfgasleckageerkennungssystem
- JAG Nullluftgenerator

3.7. Automatisierung

- Gesamte Anlage über Rechner vernetzt/ automatisiert
- Schnittstellen nach VDA-AK SAMT ausgeführt
- Ablaufsteuerung und Auswertung gesetzeskonform oder nach eigenen Vorgaben
- Modalanalyse
- grafische Auswertung online + offline (HORIBA DIVA – Data-Interpretation-and-Visualisation-Applikation)

3.8. Gebäude- und Haustechnik

- Abmessung Prüfhalle 23,8 x 6,0 x 2,9 m
- Thermostatische Regelung zwischen -10°C und $+35^{\circ}\text{C}$
- Luftfeuchterege lung
- Zusätzlicher Raum zur Fahrzeugkonditionierung bei -30°C bis $+30^{\circ}\text{C}$ mit Funktionssprüfstand (MAHA LPS3000)

4. Fahrzeuge

4.1. BMW 320d Touring EfficientDynamics Edition BluePerformance Automatic (DPF)

Tabelle 4-1: BMW 320d Touring

Fahrzeugklasse	Mittelklasse
Nennleistung [kW bei 1/min]	120 kW bei 4000 1/min
Erstzulassung	14.05.2013
Kilometerstand [km]	Ca. 66.600 km
Hubraum [ccm ³]	1995 ccm ³
Masse (Leergewicht, Fzg-Schein) [kg]	1575 kg
Masse (zul. Gesamtgewicht, Fzg-Schein) [kg]	2050 kg
Kraftstoff, Schadstoffklasse	Diesel, Euro 6
Getriebeart/Ganganzahl	Automatik, 8 Gänge
Abgasnachbehandlung	NO _x -Speicherkatalysator



Abbildung 4-1: BMW 320d Touring. Quelle: ADAC

4.2. Mazda 6 Kombi 2.2 SKYACTIV-D i-ELOOP Center-Line

Tabelle 4-2: Mazda 6 Kombi

Fahrzeugklasse	Mittelklasse
Nennleistung [kW bei 1/min]	110 kW bei 4500 1/min
Erstzulassung	20.12.2012
Kilometerstand [km]	Ca. 76.200 km
Hubraum [ccm ³]	2191 ccm ³
Masse (Leergewicht, Fzg-Schein) [kg]	1578 kg
Masse (zul. Gesamtgewicht, Fzg-Schein) [kg]	2090 kg
Kraftstoff, Schadstoffklasse	Diesel, Euro 6
Getriebeart/Ganganzahl	Handschaltung, 6 Gänge
Abgasnachbehandlung	innermotorisch



Abbildung 4-2: Mazda 6 Kombi. Quelle: ADAC

4.3. VW CC 2.0 BlueTDI DSG

Tabelle 4-3: VW CC

Fahrzeugklasse	Mittelklasse
Nennleistung [kW bei 1/min]	103 kW bei 4200 1/min
Erstzulassung	19.06.2013
Kilometerstand [km]	Ca. 74.100 km
Hubraum [ccm ³]	1968 ccm ³
Masse (Leergewicht, Fzg-Schein) [kg]	1599 kg
Masse (zul. Gesamtgewicht, Fzg-Schein) [kg]	2110 kg
Kraftstoff, Schadstoffklasse	Diesel, Euro 6
Getriebeart/Ganganzahl	Automatik, 6 Gänge
Abgasnachbehandlung	SCR-Katalysator (AdBlue)
Sonstiges	Nach dem Kaltstart arbeitet die Start-Stopp-Automatik nicht optimal. (detaillierte Beschreibung siehe unter 5.1.3.)



Abbildung 4-3: VW CC. Quelle: ADAC

5. Projektdurchführung und Auswertung

5.1. Messungen mit Kaltstart

Nach dem Kaltstart (Öl-Temperatur ca. 20°C) und der jeweils abgeleiteten Beschleunigung aus dem NEFZ auf die Geschwindigkeiten 30 km/h, 40 km/h, 50 km/h bzw. 60 km/h wird über 600 Sekunden mit der jeweiligen Geschwindigkeit gefahren.

5.1.1. BMW 320d Touring EfficientDynamics Edition BluePerformance Automatic

Im Diagramm (Abbildung 5-1) ist der Verlauf der NO_x-Emissionen in der Einheit g/km im Sekundentakt über 600 Sekunden für die konstant gefahrenen Geschwindigkeiten 30, 40, 50 und 60 km/h dargestellt. Die NO_x-Emissionen sind bei 50 km/h (hell grün) am geringsten und bei 30 km/h (blau) am höchsten, nur noch knapp unter dem Euro 6 Grenzwert von 0,08 g/km. Auffällig ist bei den Verläufen, dass die NO_x-Emissionen in den ersten 100 Sekunden deutlich abfallen, aber danach wieder leicht ansteigen. Des Weiteren verlaufen die Emissionen relativ parallel zu einander.

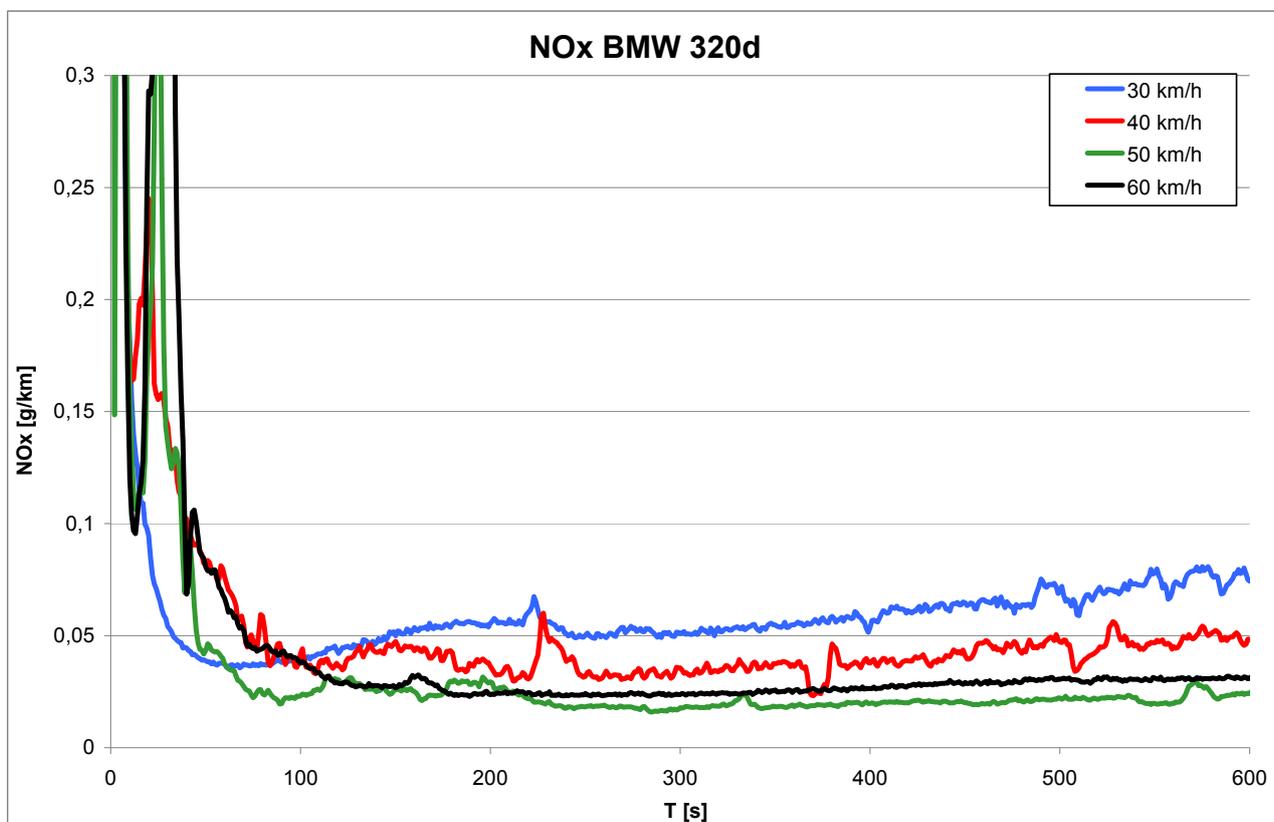


Abbildung 5-1: BMW 320d NO_x-Emissionen nach Kaltstart

In Abbildung 5-2 ist der Verlauf der NO₂-Emissionen in der Einheit g/km im Sekundentakt über 600 Sekunden für die konstant gefahrenen Geschwindigkeiten 30, 40, 50 und 60 km/h dargestellt. Die NO₂-Emissionen sind bei 50 und 60 km/h (hell grün bzw. schwarz) am geringsten und bei 40 km/h (rot) am höchsten.

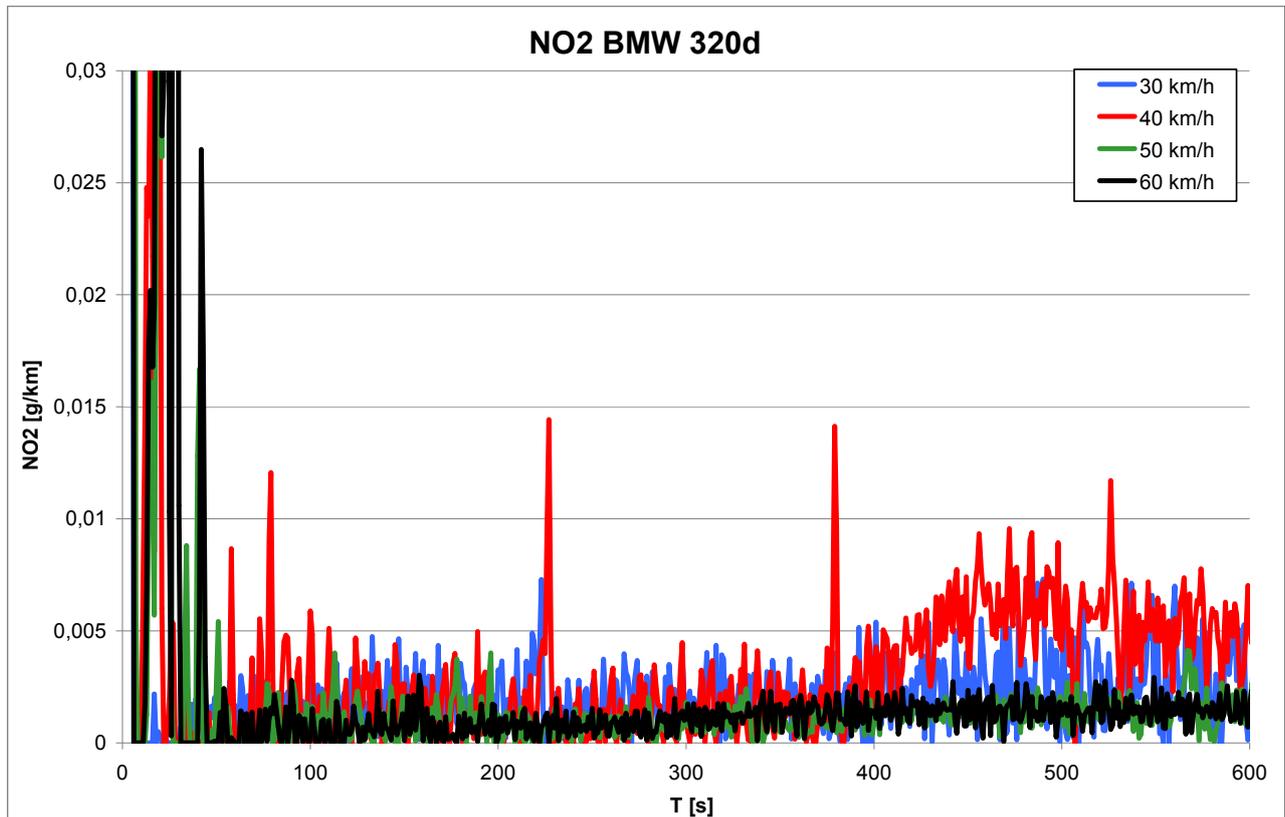


Abbildung 5-2: BMW 320d NO₂-Emissionen nach Kaltstart

5.1.2. Mazda 6 Kombi 2.2 SKYACTIV-D i-ELOOP Center-Line

Beim Mazda 6 sind die NO_x-Emissionsverläufe (Abbildung 5-3) ähnlich wie die des BMW 320d. In den ersten 100 Sekunden pendeln sich die Emissionen ein, danach verlaufen diese parallel zueinander und sinken leicht. Die geringsten Emissionen sind wie bereits beim BMW bei 50 km/h und die schlechtesten sind bei 30 und 40 km/h, die sich aber trotzdem noch weit unterhalb des Euro 6 Grenzwertes bei ca. 0,05 g/km bewegen.

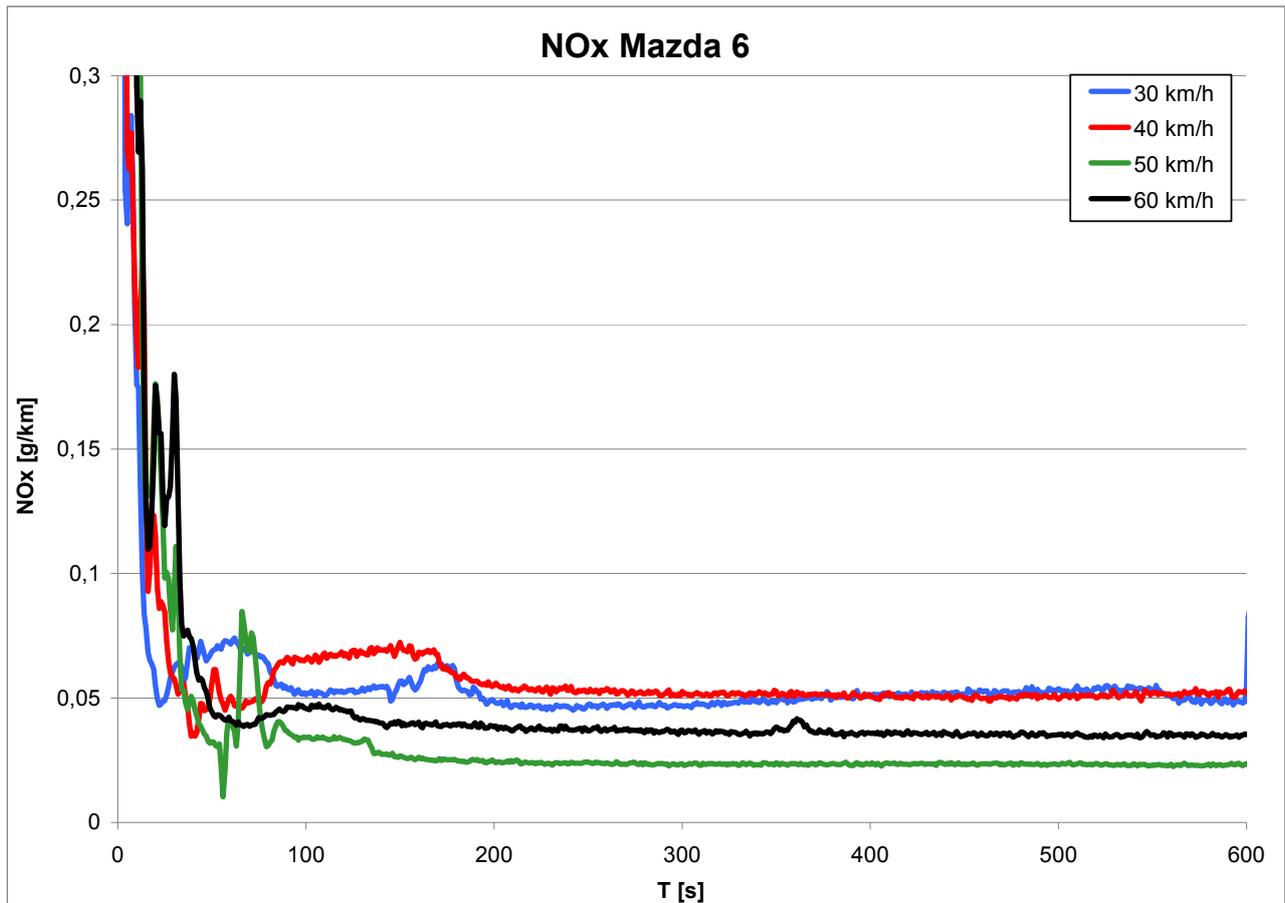


Abbildung 5-3: Mazda 6 NO_x-Emissionen nach Kaltstart

In Abbildung 5-4 ist der Verlauf der NO₂-Emissionen für die konstant gefahrenen Geschwindigkeiten 30, 40, 50 und 60 km/h dargestellt. Hier sind die NO₂-Emissionen bei allen vier Geschwindigkeiten auf einem ähnlich geringen Level. Allerdings erkennt man trotzdem, dass die Emissionen bei 30 und 40 km/h tendenziell höher liegen als bei den anderen beiden Geschwindigkeiten.

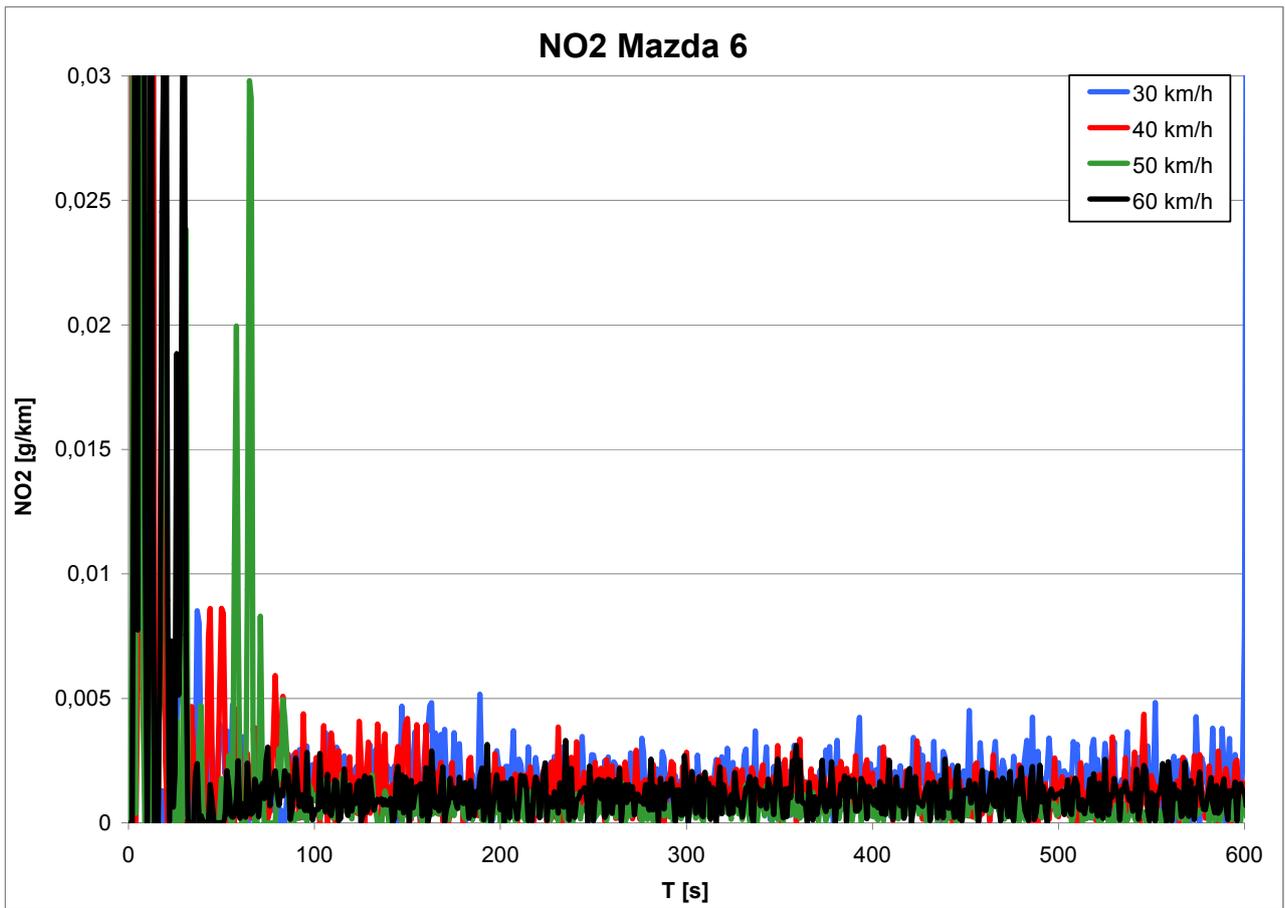


Abbildung 5-4: Mazda 6 NO₂-Emissionen nach Kaltstart

5.1.3. VW CC 2.0 BlueTDI DSG

Anmerkung zum VW CC: Der NEFZ-Verbrauchswert konnte im entsprechenden Zyklus nicht erreicht werden. Das lag aber an einer reproduzierbaren Unregelmäßigkeit im Test: Nach dem Kaltstart arbeitet die Start-Stopp-Automatik nicht optimal. Durch den während der kurzen Standphasen laufenden Motor ergibt sich ein erhöhter Verbrauch, auf die Schadstoffwerte im Abgas wirkt sich dies nicht negativ aus. Eine Ursache konnte selbst in der Entwicklungsabteilung von VW nicht gefunden werden. In der Praxis wirkt sich diese Unregelmäßigkeit kaum aus.

Der VW CC benötigt ca. 200 Sekunden, bis sich die NO_x-Emissionen einpendeln (Abbildung 5-5). Diese sind im Vergleich zu den anderen beiden Fahrzeugen um ca. den Faktor drei bis vier erhöht. Tendenziell sind die Emissionen bei 50 km/h am geringsten und bei 30 km/h am größten. Insgesamt verlaufen die Emissionen nicht so parallel wie bei den anderen beiden Fahrzeugen.

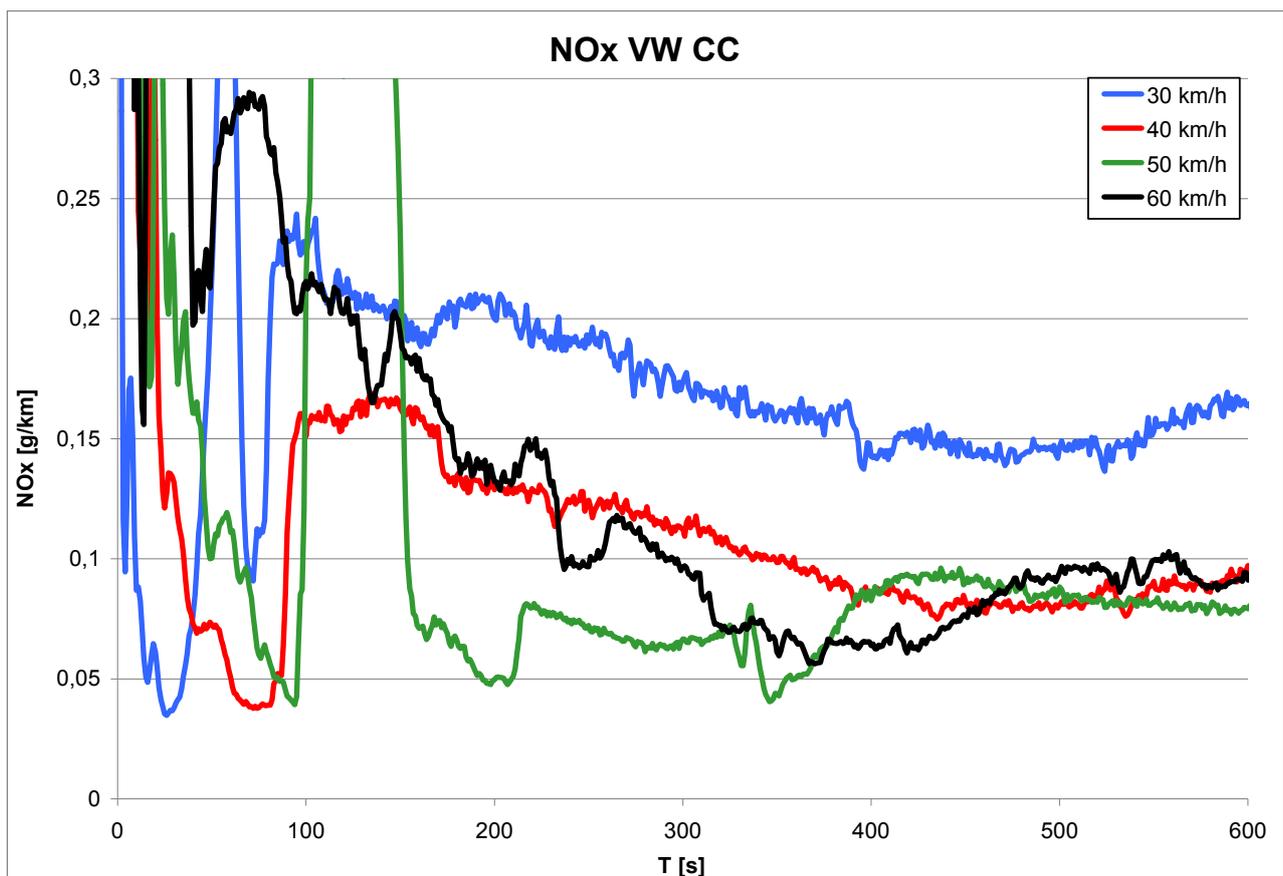


Abbildung 5-5: VW CC NO_x-Emissionen nach Kaltstart

In Abbildung 5-6 ist der Verlauf der NO₂-Emissionen dargestellt. Die ersten 150 Sekunden benötigt der VW CC zum Einpendeln. Danach verlaufen die Emissionen relativ gleichmäßig

und steigen ab Sekunde 350 bis 500, abhängig von der jeweiligen Geschwindigkeit, wieder stark an. Hier sind die Emissionen bei 50 bzw. 60 km/h am höchsten und bei 30 und 40 km/h am geringsten. Die NO_2 -Emissionen zeigen also ein anderes Verhalten als die NO_x -Emissionen, die bei 50 und 60 km/h am geringsten und bei 30 und 40 km/h erhöht sind.

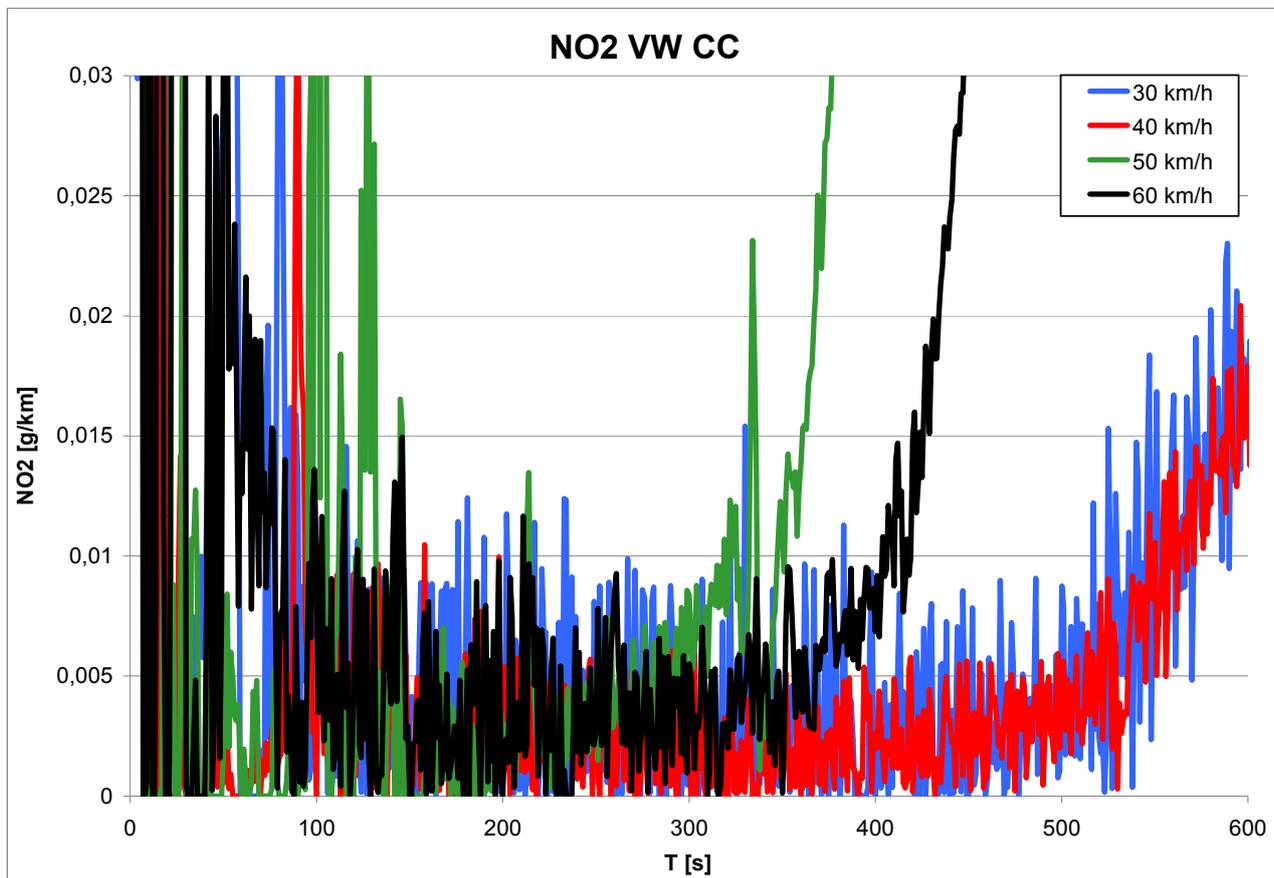


Abbildung 5-6: VW CC NO_2 -Emissionen nach Kaltstart

5.1.4. Zusammenfassung nach Kaltstart

In folgendem Diagramm (Abbildung 5-7) sind zu den drei Fahrzeugen die durchschnittlichen NO- und NO₂-Emissionen aus dem Zeitausschnitt T = 200 – 550 s dargestellt. Die Summe aus beiden Emissionen bildet die jeweilige gesamte NO_x-Emission. In diesem Diagramm ist deutlich erkennbar, dass der BMW und der Mazda relativ ähnliche Emissionen haben und weit unterhalb des Euro 6 NO_x-Grenzwertes von 0,08 g/km liegen. Beim VW CC ist dies bis auf die Emissionen bei der Geschwindigkeit von 50 km/h nicht der Fall. Hier sind die NO_x-Emissionen v.a. bei 30 km/h deutlich über diesem Grenzwert.

Dennoch ist ein gleicher Trend bei allen drei Fahrzeugen zu erkennen. Bei den Geschwindigkeiten 30 km/h und 40 km/h sind die NO_x-Emissionen teilweise um den Faktor zwei bis drei größer als bei 50 km/h. Bei der Konstantfahrt bei 50 km/h sind die NO_x-Emissionen bei allen drei Fahrzeugen am geringsten und bei 60 km/h steigen diese wieder um ca. 0,01 g/km bis 0,02 g/km im Vergleich zur Emission bei 50 km/h.

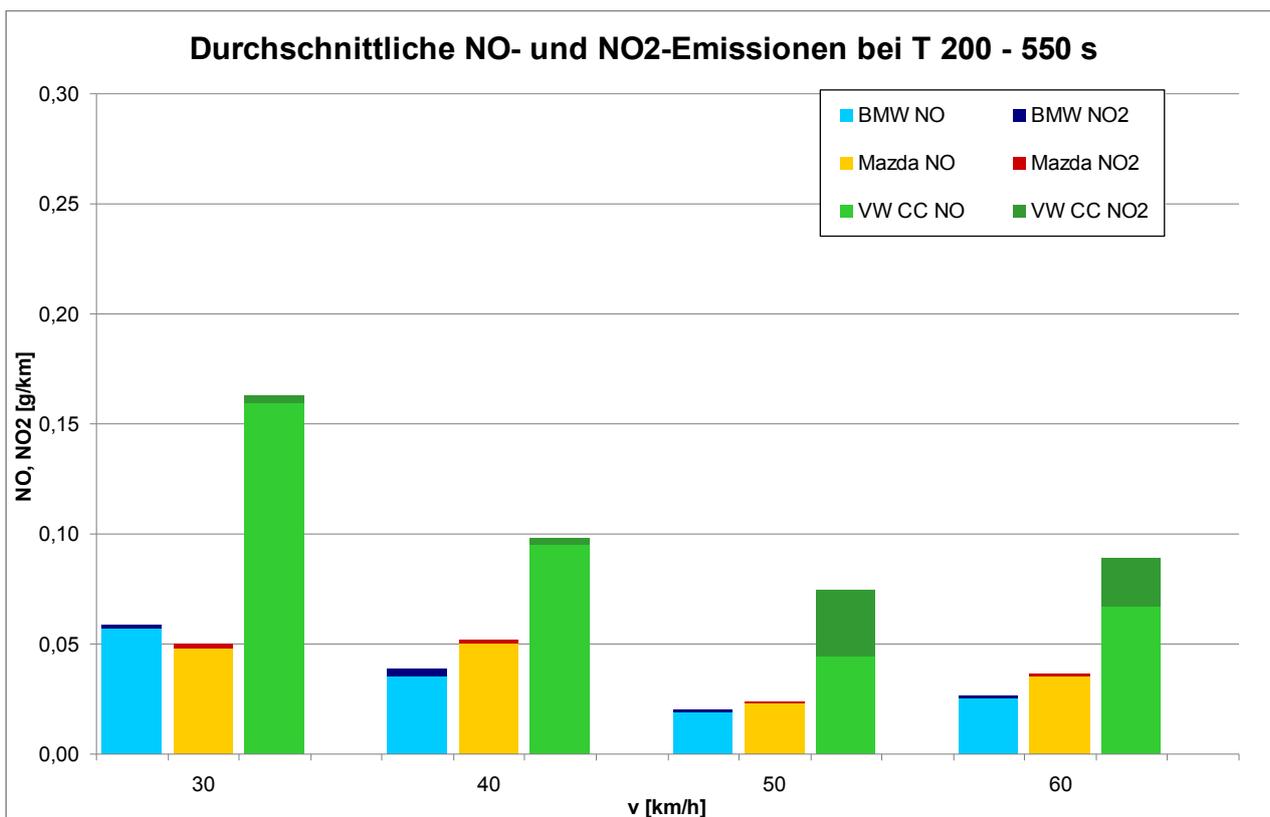


Abbildung 5-7: durchschnittliche NO- und NO₂-Emissionen nach Kaltstart

Tabelle 5-1: durchschnittliche NO_x- und NO₂-Emissionen bei Kaltstart T 200 – 550 s

Geschwindigkeit [km/h]	BMW			Mazda			VW CC		
	NO _x [g/km]	NO ₂ [g/km]	Verhältnis NO ₂ /NO _x	NO _x [g/km]	NO ₂ [g/km]	Verhältnis NO ₂ /NO _x	NO _x [g/km]	NO ₂ [g/km]	Verhältnis NO ₂ /NO _x
30	0,0590	0,0022	3,73%	0,0499	0,0017	3,34%	0,1628	0,0037	2,25%
40	0,0388	0,0033	8,55%	0,0515	0,0012	2,40%	0,0983	0,0028	2,87%
50	0,0200	0,0011	5,34%	0,0235	0,0006	2,42%	0,0750	0,0304	40,60%
60	0,0265	0,0012	4,62%	0,0362	0,0011	2,98%	0,0888	0,0216	24,28%

Um die Emissionen bei den unterschiedlichen konstanten Geschwindigkeiten besser vergleichen zu können, sind in den folgenden Abbildungen (Abbildung 5-8 bis Abbildung 5-15) für jede Geschwindigkeit die NO_x- bzw. NO₂- Emissionsverläufe der drei Fahrzeuge über die Zeit im Sekundentakt von 0 s bis 600 s gemeinsam dargestellt. Hier verstärkt sich die Aussage, dass der VW CC bei allen vier konstant gefahrenen Geschwindigkeiten deutlich höhere Emissionen aufweist als der BMW und der Mazda. Diese beiden liegen bei allen vier Geschwindigkeiten auf dem fast gleichen Niveau.

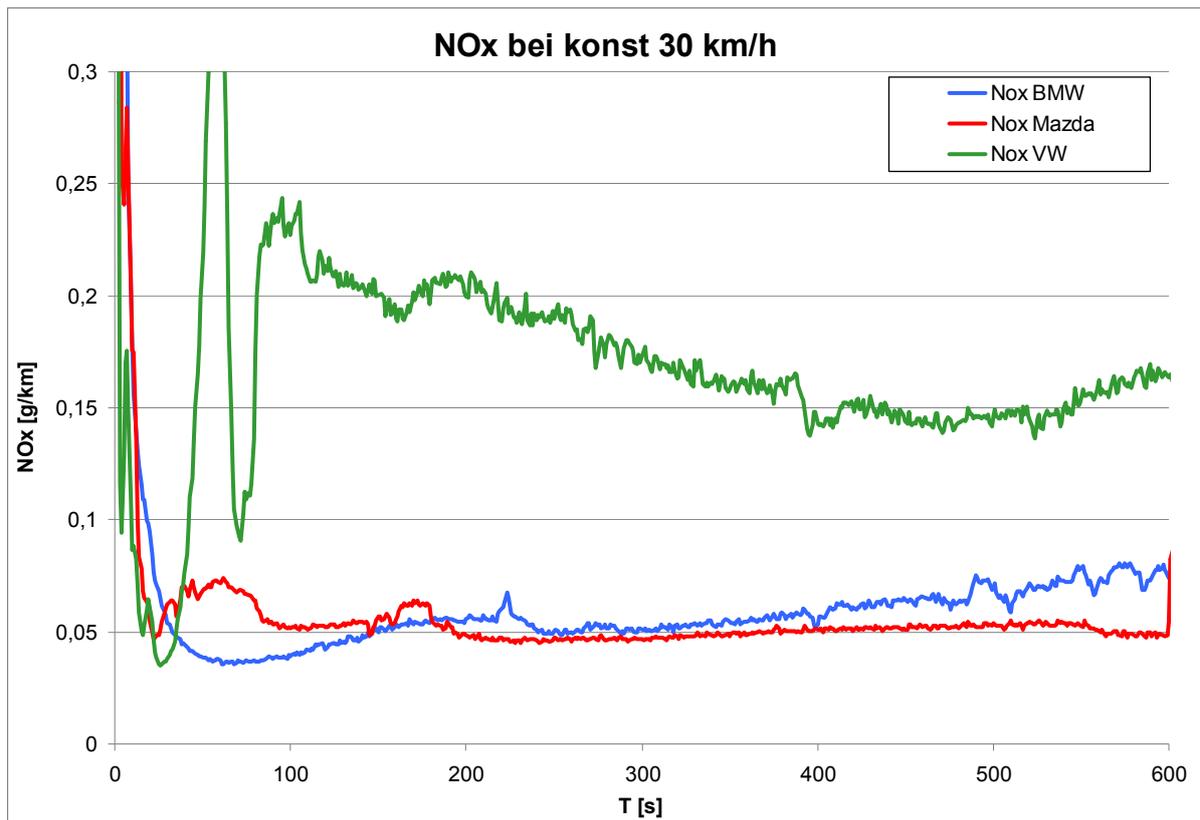


Abbildung 5-8: NO_x-Emissionen bei 30 km/h nach Kaltstart

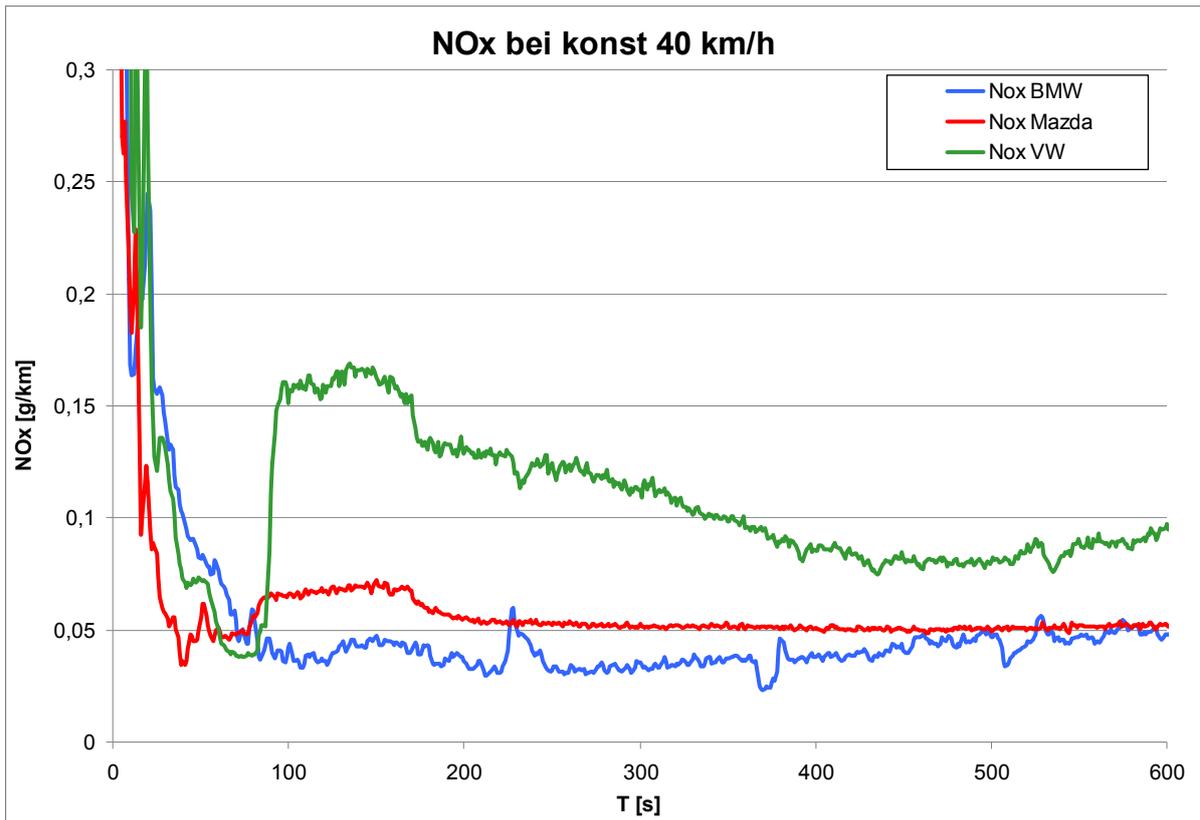


Abbildung 5-9: NO_x-Emissionen bei 40 km/h nach Kaltstart

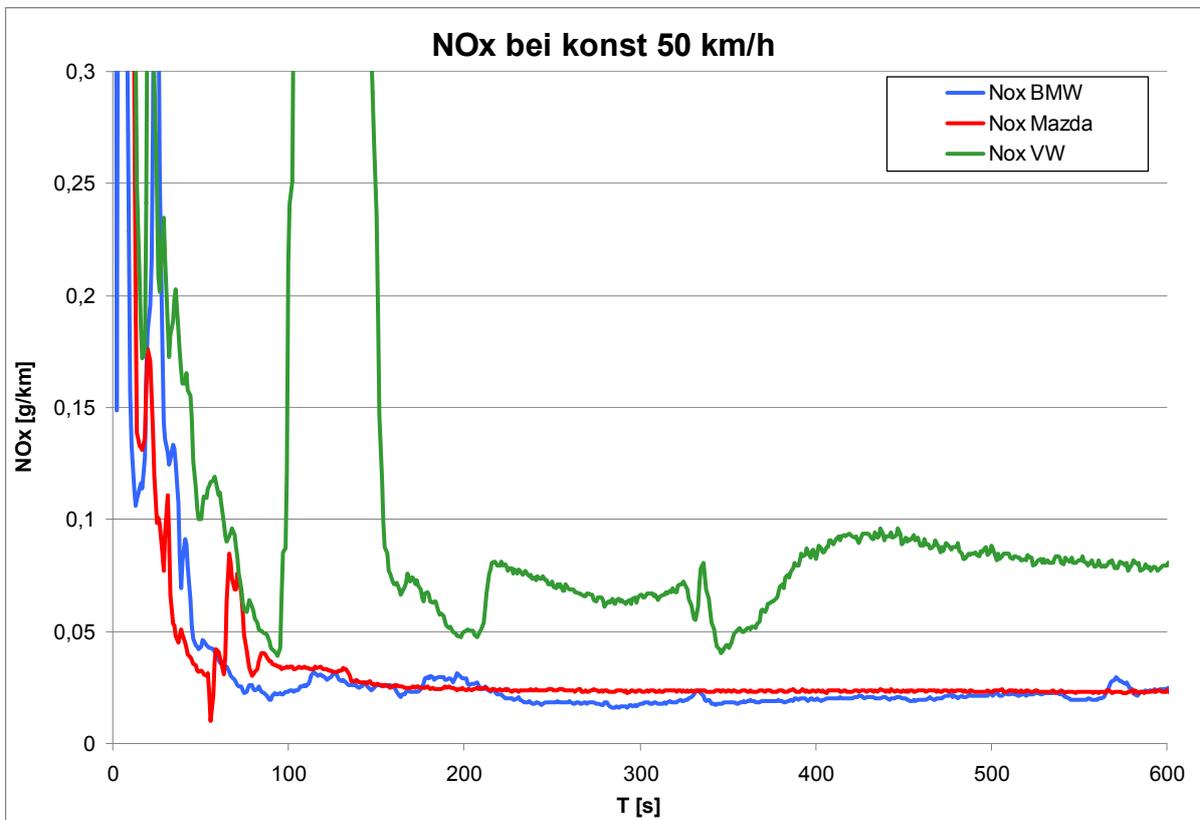


Abbildung 5-10: NO_x-Emissionen bei 50 km/h nach Kaltstart

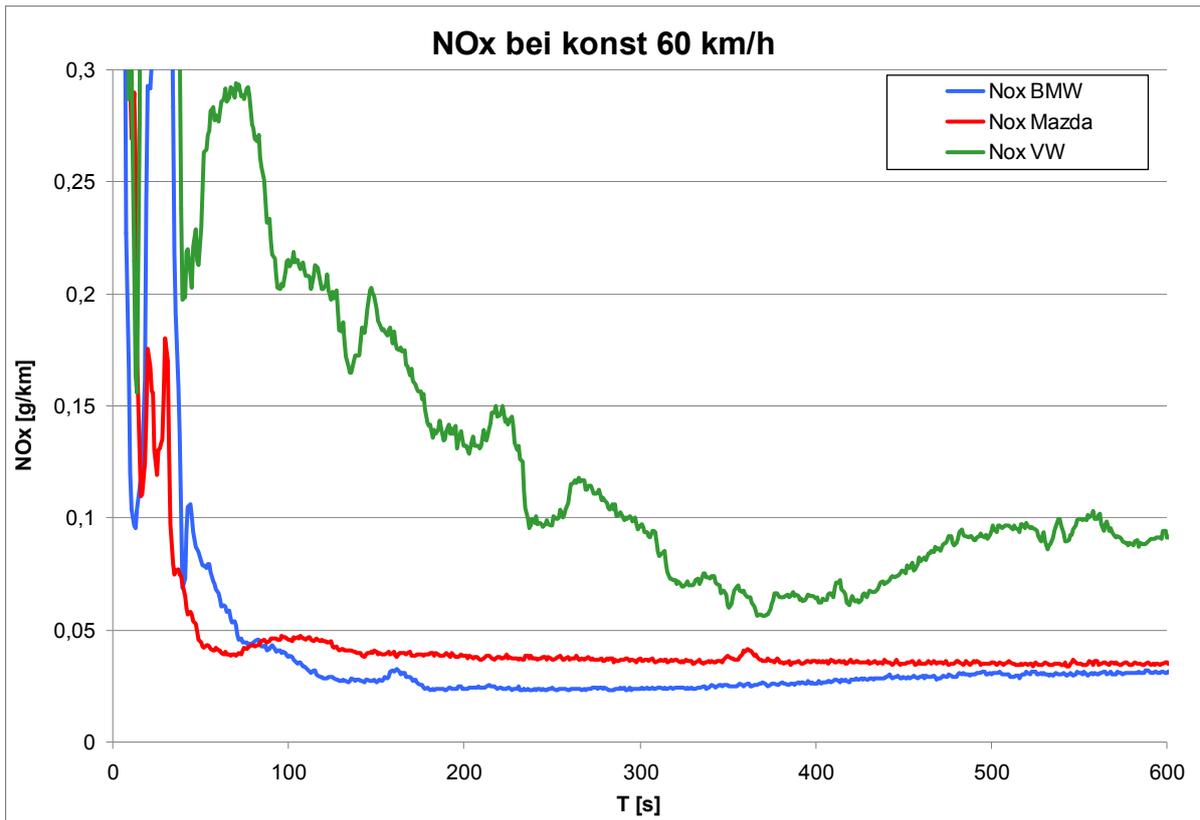


Abbildung 5-11: NO_x-Emissionen bei 60 km/h nach Kaltstart

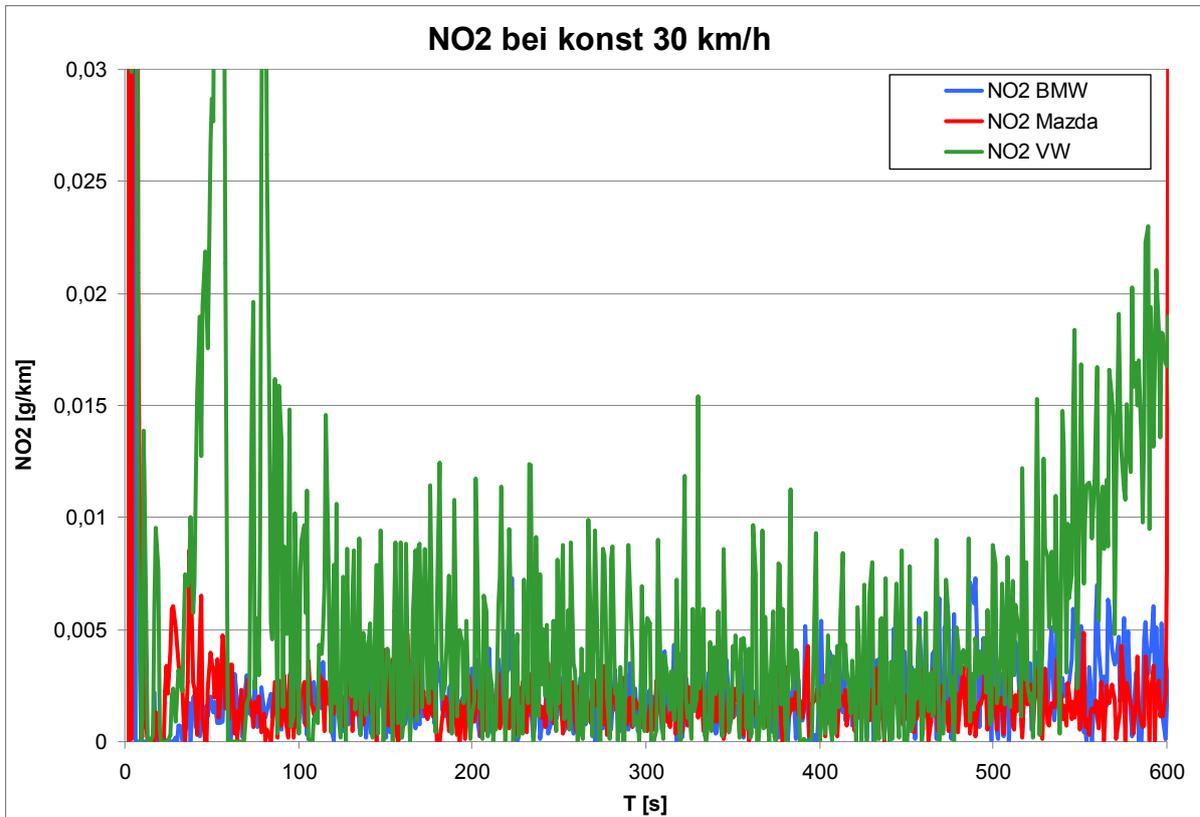


Abbildung 5-12: NO₂-Emissionen bei 30 km/h nach Kaltstart

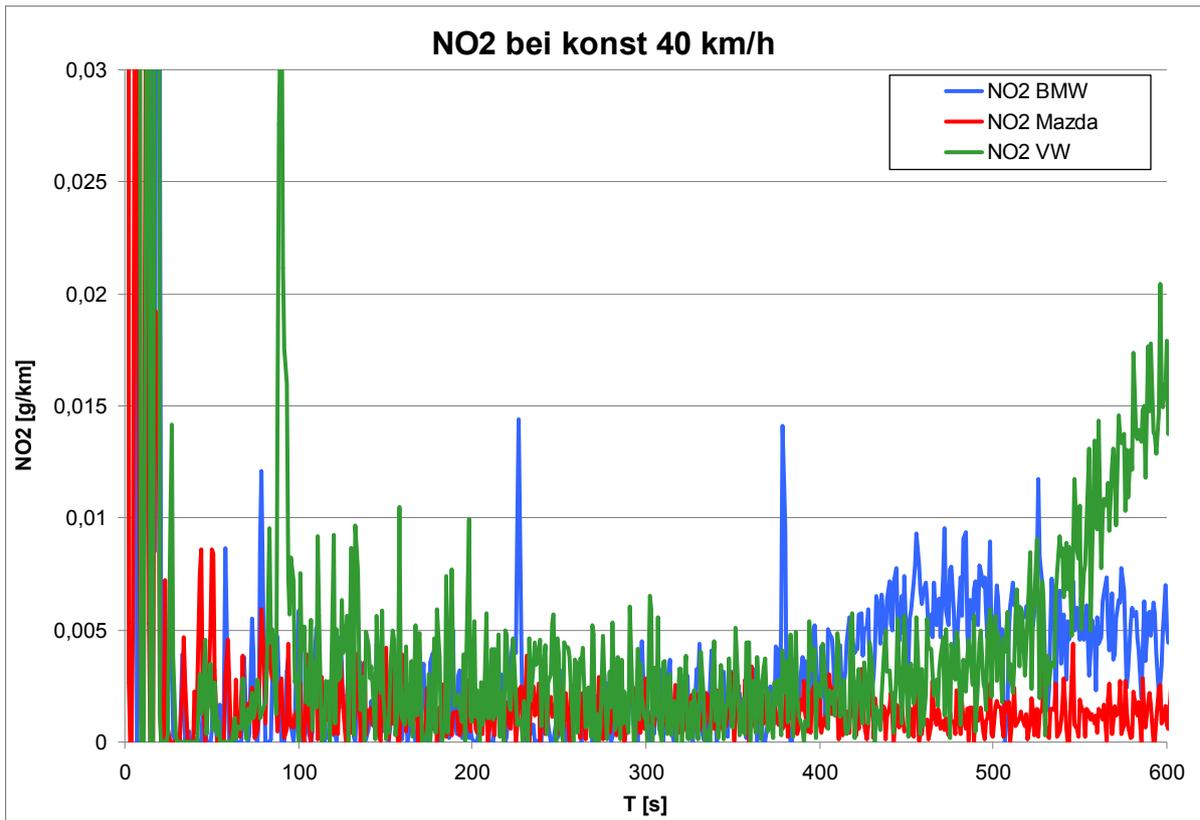


Abbildung 5-13: NO₂-Emissionen bei 40 km/h nach Kaltstart

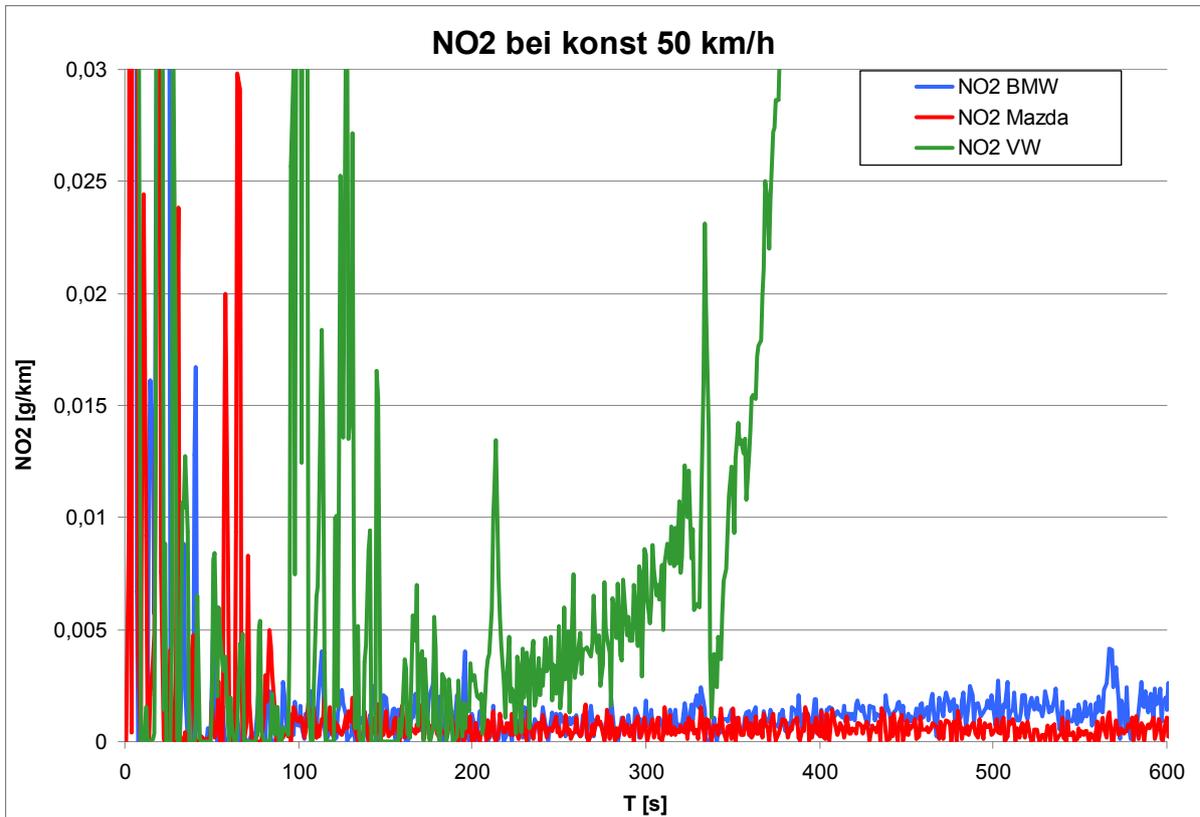


Abbildung 5-14: NO₂-Emissionen bei 50 km/h nach Kaltstart

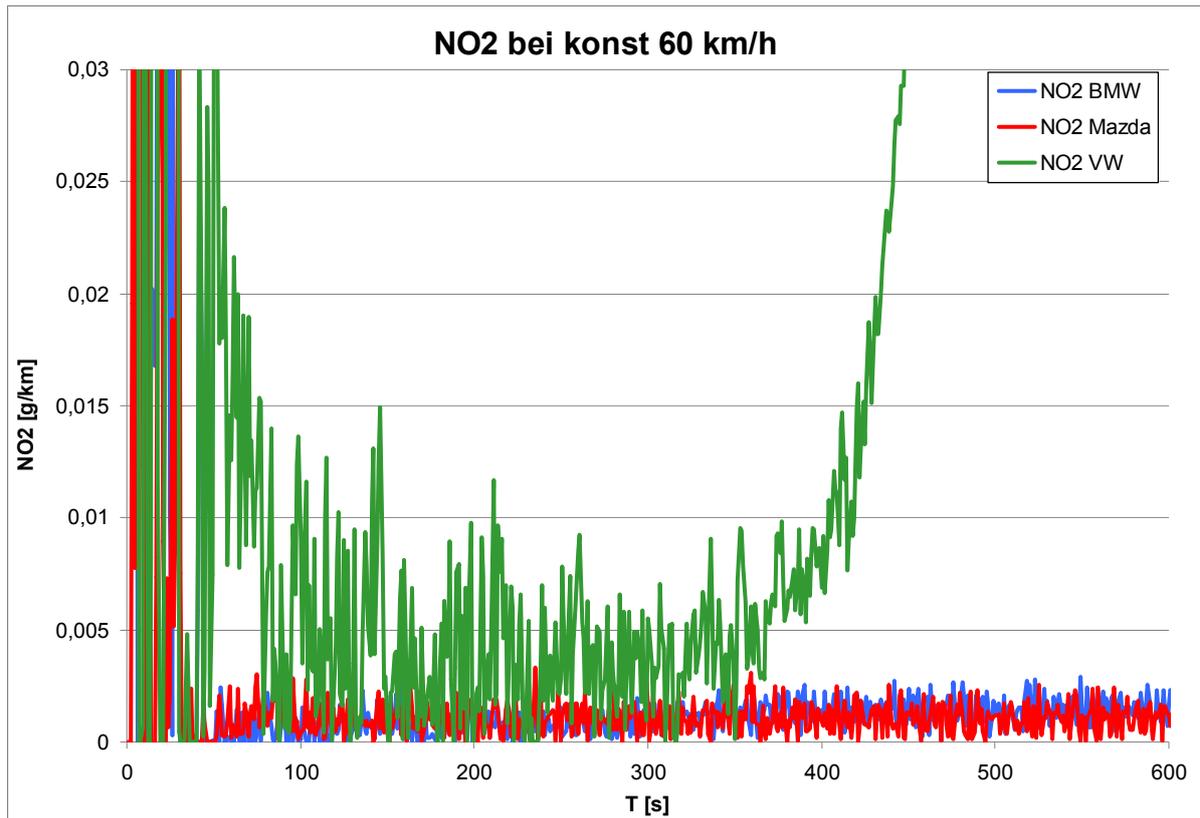


Abbildung 5-15: NO₂-Emissionen bei 60 km/h nach Kaltstart

5.2. Messungen mit warm gefahrenem Motor

Nach Erreichen der Betriebstemperatur (Öl-Temperatur mindestens 80°C) werden für jeweils ca. 250 – 300 s die Geschwindigkeiten 50 km/h, 40 km/h und 30 km/h konstant gefahren.

5.2.1. BMW 320d Touring EfficientDynamics Edition BluePerformance Automatic

Im Diagramm (Abbildung 5-16) sind die NO_x-Emissionen im Vergleich zu den jeweiligen Geschwindigkeiten und Öl-Temperaturen dargestellt. Hier ist eine ähnliche Tendenz wie bereits bei den Kaltstarttests zu erkennen. Bei der Geschwindigkeit von 50 km/h liegen die NO_x-Emissionen weit unterhalb des Euro 6 Grenzwertes (ca. 0,02 bis 0,03 g/km). Bei 40 km/h wird gerade noch der Grenzwert eingehalten (ca. 0,07 g/km) und bei 30 km/h liegen diese bei ca. 0,17 g NO_x/km.

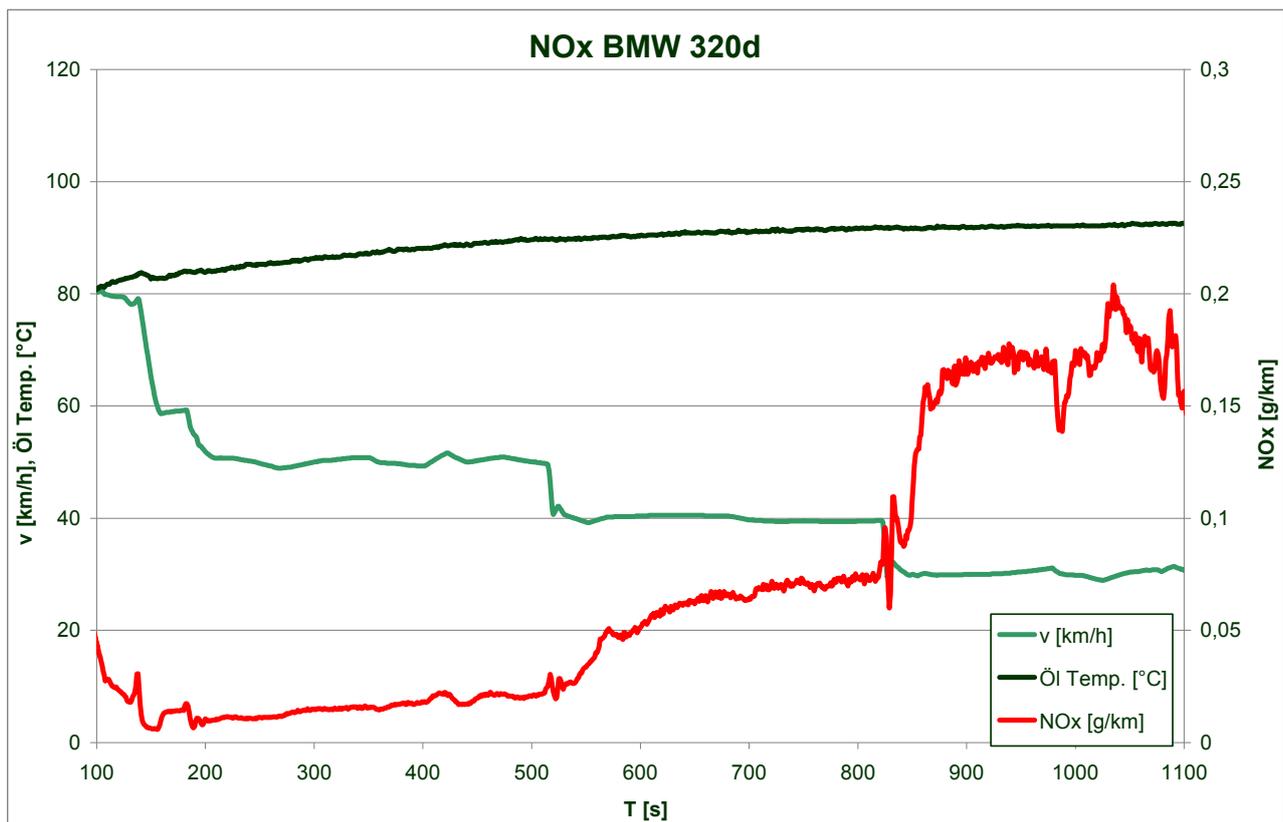


Abbildung 5-16: BMW 320d NO_x-Emissionen nach Heißstart

Analog zur vorherigen Abbildung ist in Abbildung 5-17 der Verlauf der NO₂-Emissionen in Abhängigkeit von den jeweiligen Geschwindigkeiten und Öl-Temperatur dargestellt. Der Verlauf zeigt eine ähnliche Tendenz wie bei den NO_x-Emissionen. Bei geringer Geschwindigkeit steigen die NO₂-Emissionen. Die durchschnittlichen Emissionen liegen bei 50 km/h bei

knapp 0,002 g NO₂/km, bei 40 km/h bei 0,018 g NO₂/km und bei 30 km/h bei 0,026 g NO₂/km.

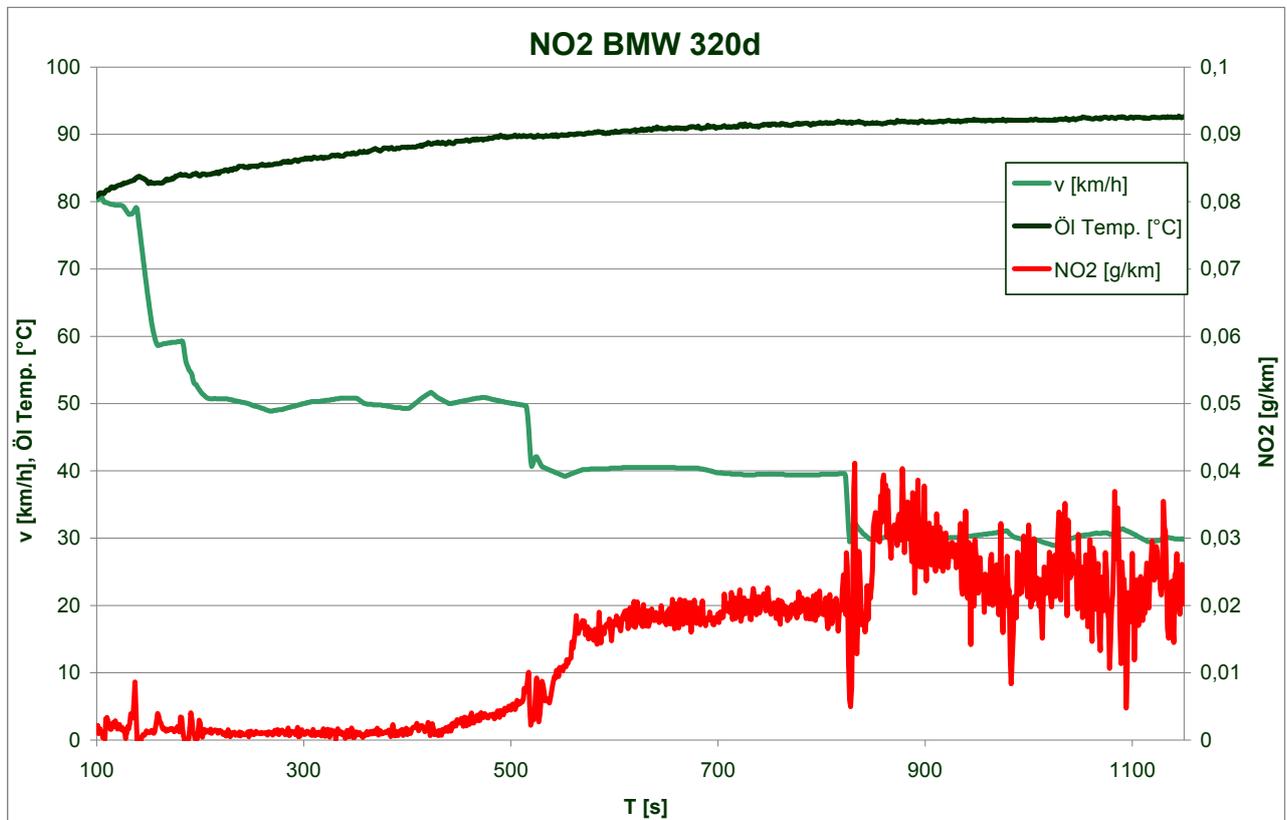


Abbildung 5-17: BMW 320d NO₂-Emissionen nach Heißstart

5.2.2. Mazda 6 Kombi 2.2 SKYACTIV-D i-ELOOP Center-Line

Der Mazda (Abbildung 5-18) hat bei keiner dieser drei Geschwindigkeiten Probleme, den Euro 6 Grenzwert einzuhalten. Bei den Geschwindigkeiten von 50 km/h und 40 km/h liegen die NO_x-Emissionen bei knapp 0,02 g NO_x/km und bei 30 km/h zwischen 0,02 und 0,03 g NO_x/km.

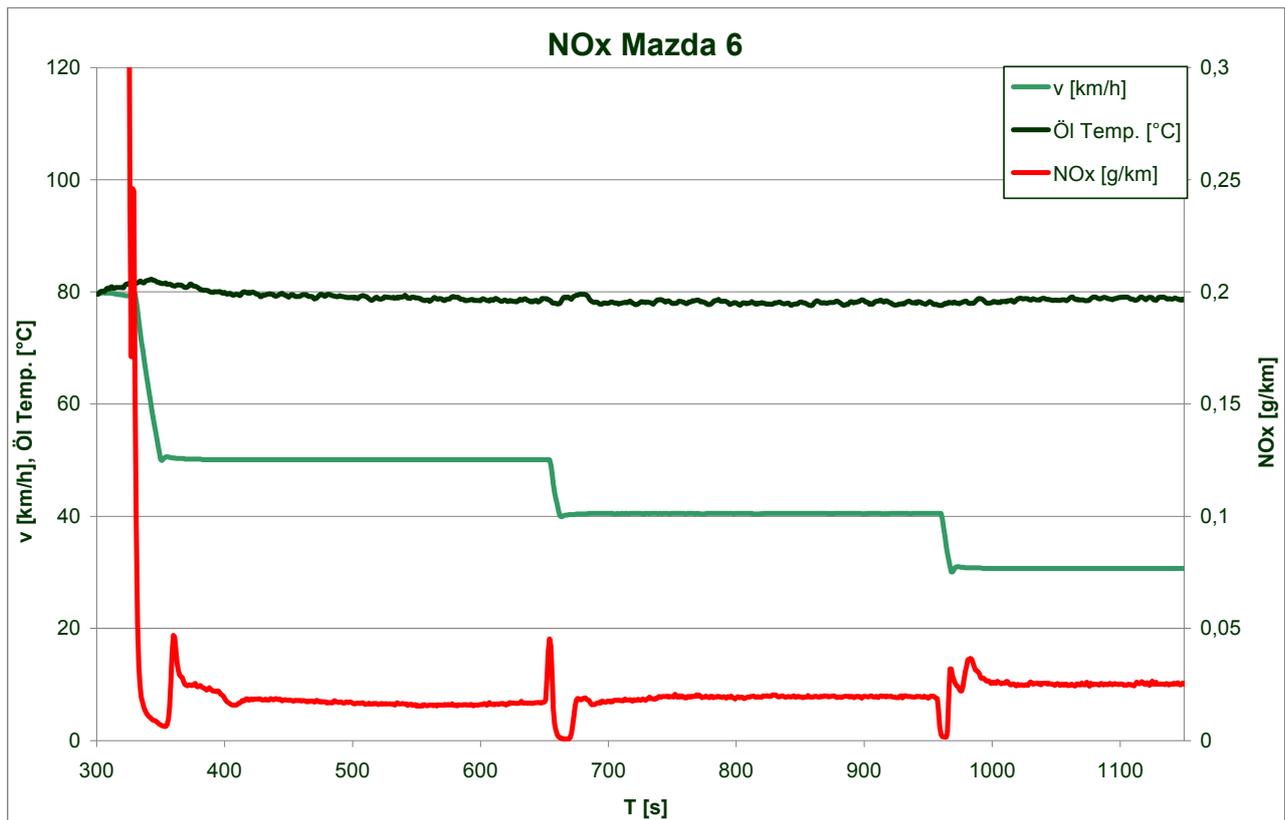


Abbildung 5-18: Mazda 6 NO_x-Emissionen nach Heißstart

Die folgende Abbildung (Abbildung 5-19) zeigt den Verlauf der NO₂-Emissionen. Hier verlaufen die Emissionen genau entgegengesetzt im Vergleich zu denen des BMW 320d (siehe Abbildung 5-17). Die NO₂-Emissionen sinken mit abnehmender Geschwindigkeit und gehen bei 30 km/h auf Werte nahe der Nulllinie zurück. Bei 50 km/h liegen die Emissionen bei ca. 0,0023 g NO₂/km und bei 40 km/h nur noch bei 0,0003 g NO₂/km.

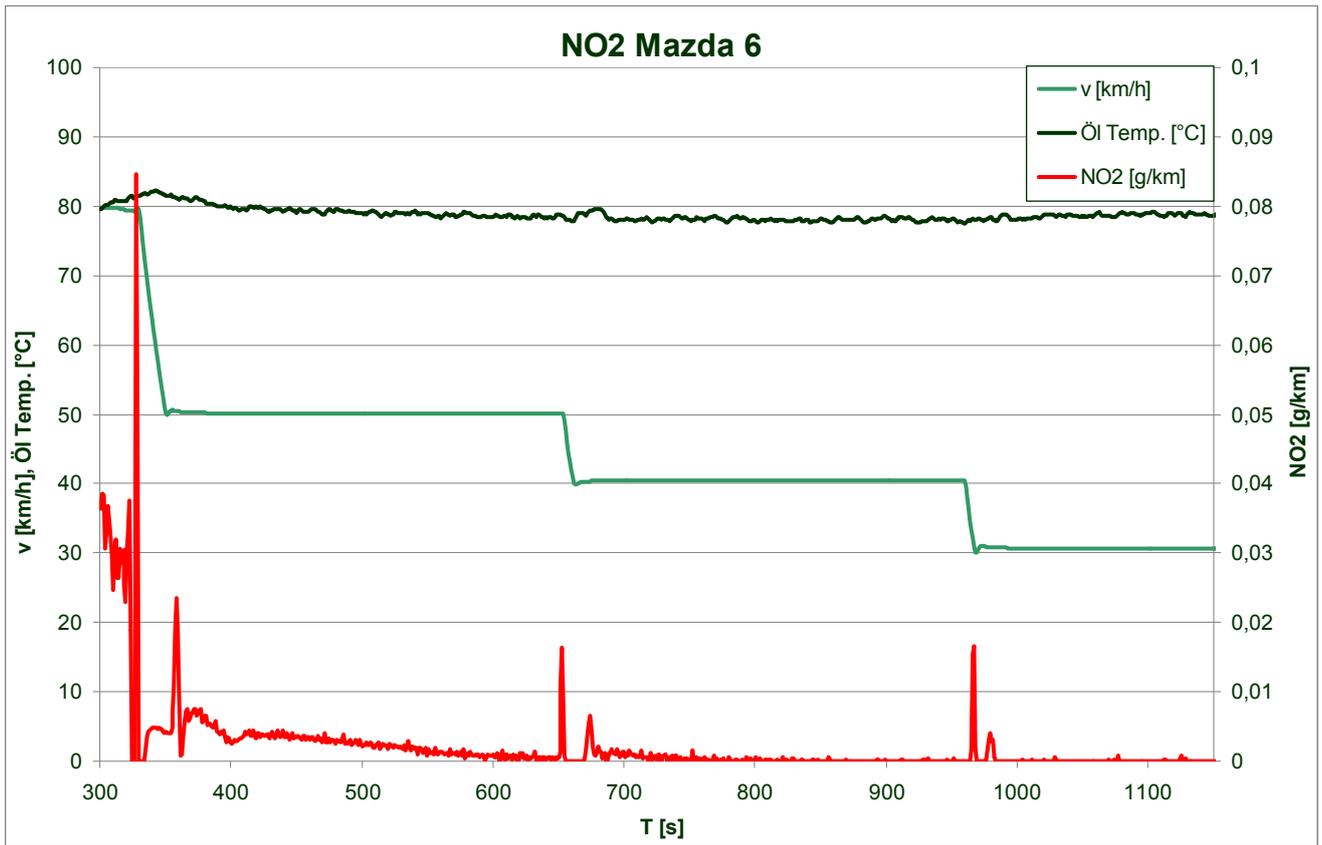


Abbildung 5-19: Mazda 6 NO₂-Emissionen nach Heißstart

5.2.3. VW CC 2.0 BlueTDI DSG

Der VW CC (Abbildung 5-20) hält den Euro 6 Grenzwert nur bei 50 km/h knapp ein. Bei dieser Geschwindigkeit variieren die NO_x-Emissionen zwischen 0,05 und 0,09 g/km. Bei 40 km/h liegen die NO_x-Emissionen bei ca. 0,12 – 0,16 g/km und bei 30 km/h bei ungefähr 0,25 g/km.

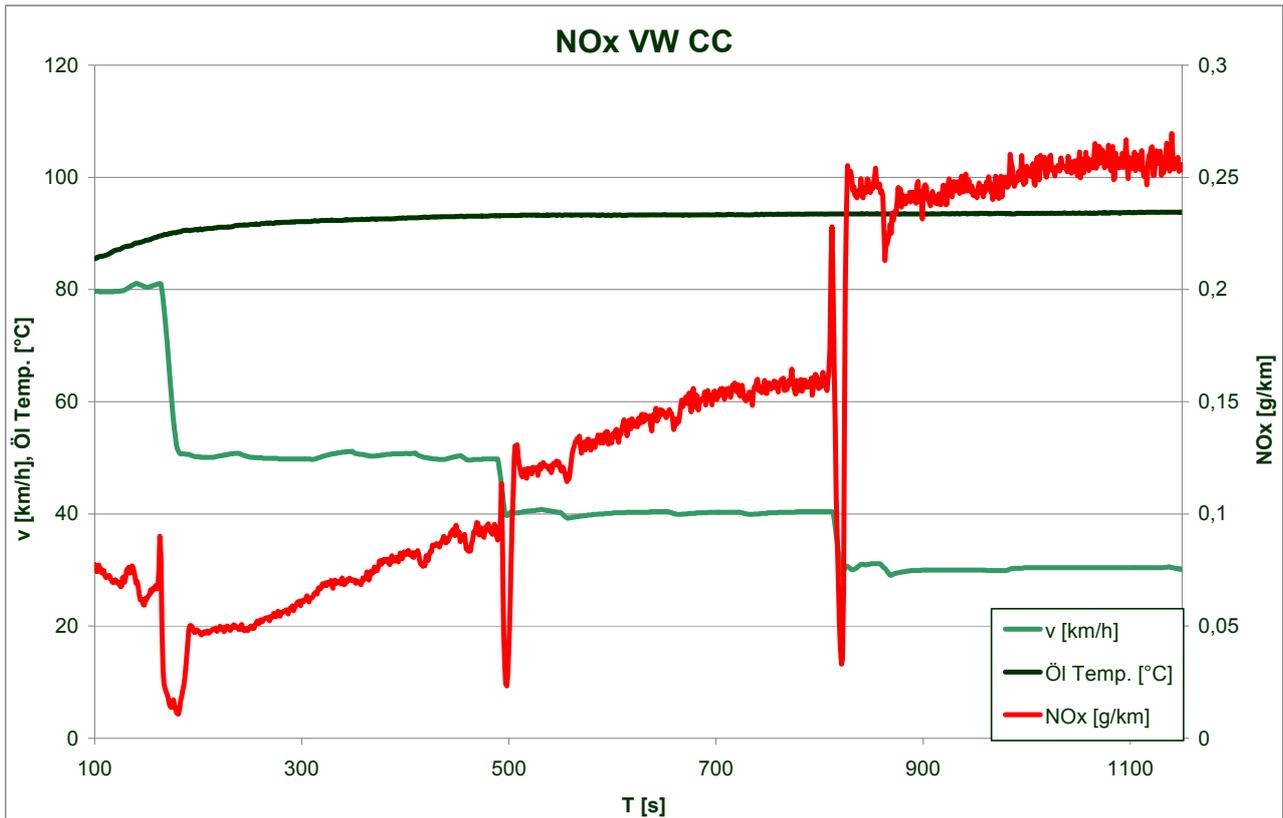


Abbildung 5-20: VW CC NO_x-Emissionen nach Heißstart

In Abbildung 5-21 wird der Verlauf der NO₂-Emissionen des VW CC dargestellt. Hier steigen zuerst die Emissionen bei sinkender Geschwindigkeit bis auf ca. 0,08 g NO₂/km und fallen anschließend bei der Konstantfahrt mit 30 km/h auf ca. 0,05 g NO₂/km. Durchschnittlich liegen die NO₂-Emissionen bei 50 km/h bei knapp 0,05 g NO₂/km, bei 40 km/h bei 0,06 und bei 30 km/h bei 0,062 g NO₂/km.

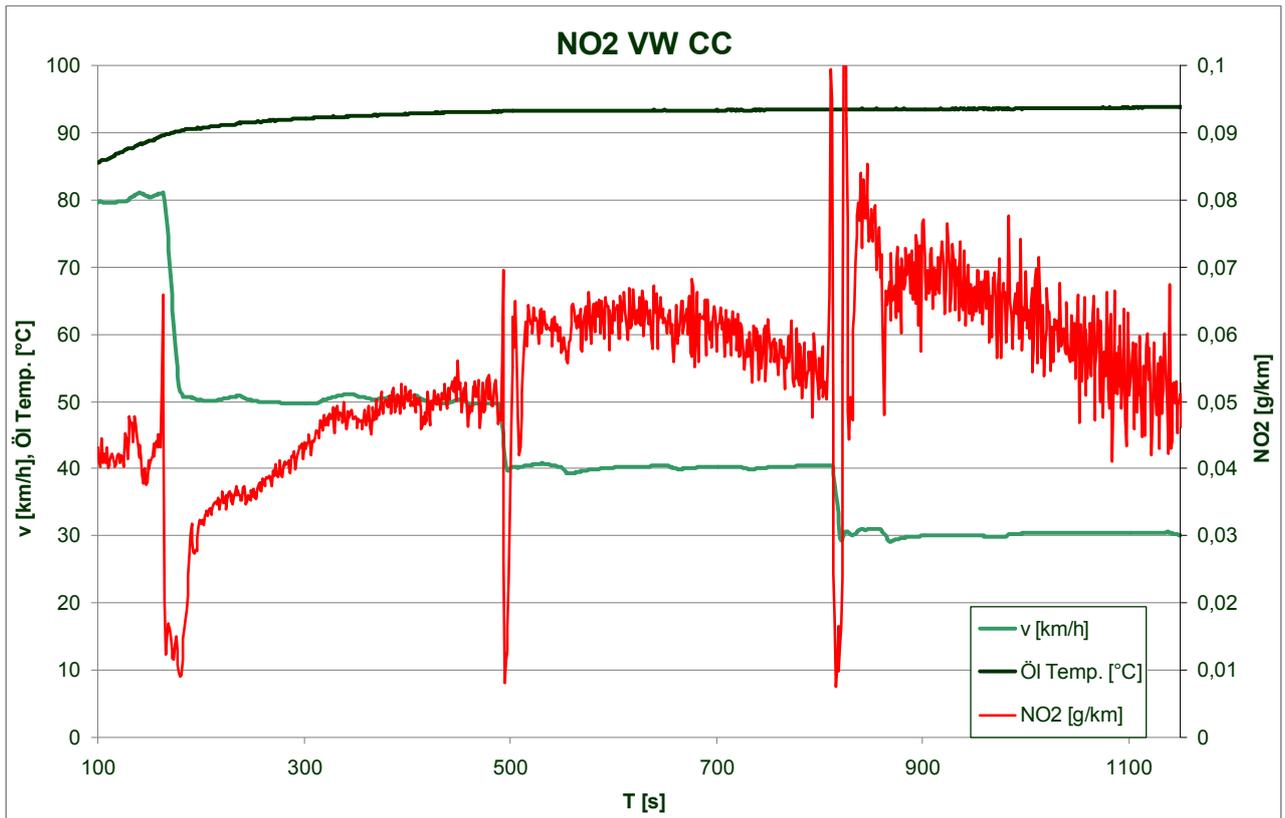


Abbildung 5-21: VW CC NO₂-Emissionen nach Heißstart

5.2.4. Zusammenfassung nach Heißstart

Im folgenden Diagramm (Abbildung 5-22) sind die durchschnittlichen NO- und NO₂-Emissionen der drei Fahrzeuge bei den drei konstant gefahrenen Geschwindigkeiten 30 km/h, 40 km/h und 50 km/h dargestellt. Die Summe aus beiden Emissionen ergibt die gesamte NO_x-Emission.

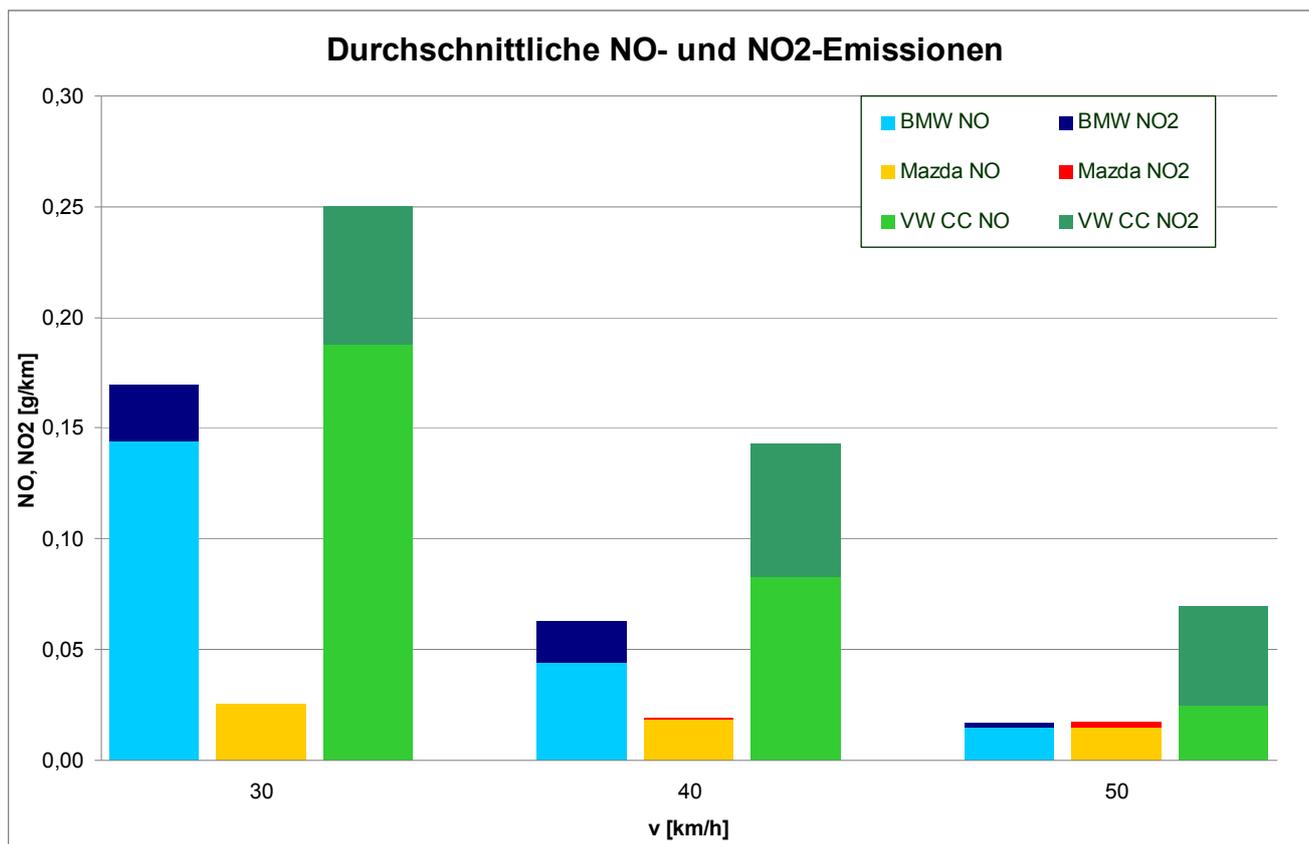


Abbildung 5-22: durchschnittliche NO- und NO₂-Emissionen nach Heißstart

Hier ist derselbe Trend wie bereits bei den Kaltstarts zu erkennen, und zwar, dass die NO_x-Emissionen bei 50 km/h am niedrigsten sind. Am besten schneidet hier der Mazda 6 ab, welcher bei allen drei Geschwindigkeiten ähnlich geringe Emissionen hat und insgesamt deutlich unterhalb des Euro 6 Grenzwertes liegt. Der BMW überschreitet den Grenzwert nur bei 30 km/h und der VW CC sowohl bei 30 km/h als auch bei 40 km/h.

Tabelle 5-2: durchschnittliche NO_x- und NO₂-Emissionen nach Heißstart

Geschwindigkeit [km/h]	BMW			Mazda			VW CC		
	NO _x [g/km]	NO ₂ [g/km]	Verhältnis NO ₂ /NO _x	NO _x [g/km]	NO ₂ [g/km]	Verhältnis NO ₂ /NO _x	NO _x [g/km]	NO ₂ [g/km]	Verhältnis NO ₂ /NO _x
30	0,1696	0,0256	15,07%	0,0252	0,0000	0,14%	0,2497	0,0620	24,82%
40	0,0625	0,0183	29,25%	0,0192	0,0003	1,36%	0,1431	0,0604	42,23%
50	0,0166	0,0017	10,47%	0,0172	0,0023	13,14%	0,0695	0,0448	64,51%

5.3. Messergebnisse im NEFZ

In der Abbildung 5-23 sind die NO_x-Emissionen der NEFZ-Messungen inklusive der beiden Phasen der drei Fahrzeuge (BMW 320d, Mazda 6 und VW CC) dargestellt. Hier verstärkt sich die Aussage, dass die NO_x-Emissionen beim VW CC bei niedrigen Geschwindigkeiten erhöht sind, da der Grenzwert der Euro 6 Norm in der Phase 1 des NEFZ (innerorts, bis 50 km/h) um fast das doppelte überschritten wird. Diese Überschreitung gleicht der VW aber wiederum durch die sehr niedrigen Emissionen in der Phase 2 (außerorts, bis 120 km/h) von gerade 0,02 g/km aus.

Bei den anderen beiden Fahrzeugen unterscheiden sich die Emissionen aus den beiden Phasen sehr wenig. Insgesamt ist der BMW mit ca. 0,045 g/km das Fahrzeug mit den geringsten Emissionen. Der Mazda und der VW liegen auf ähnlichem Niveau knapp unterhalb des Grenzwertes von 0,08 g/km.

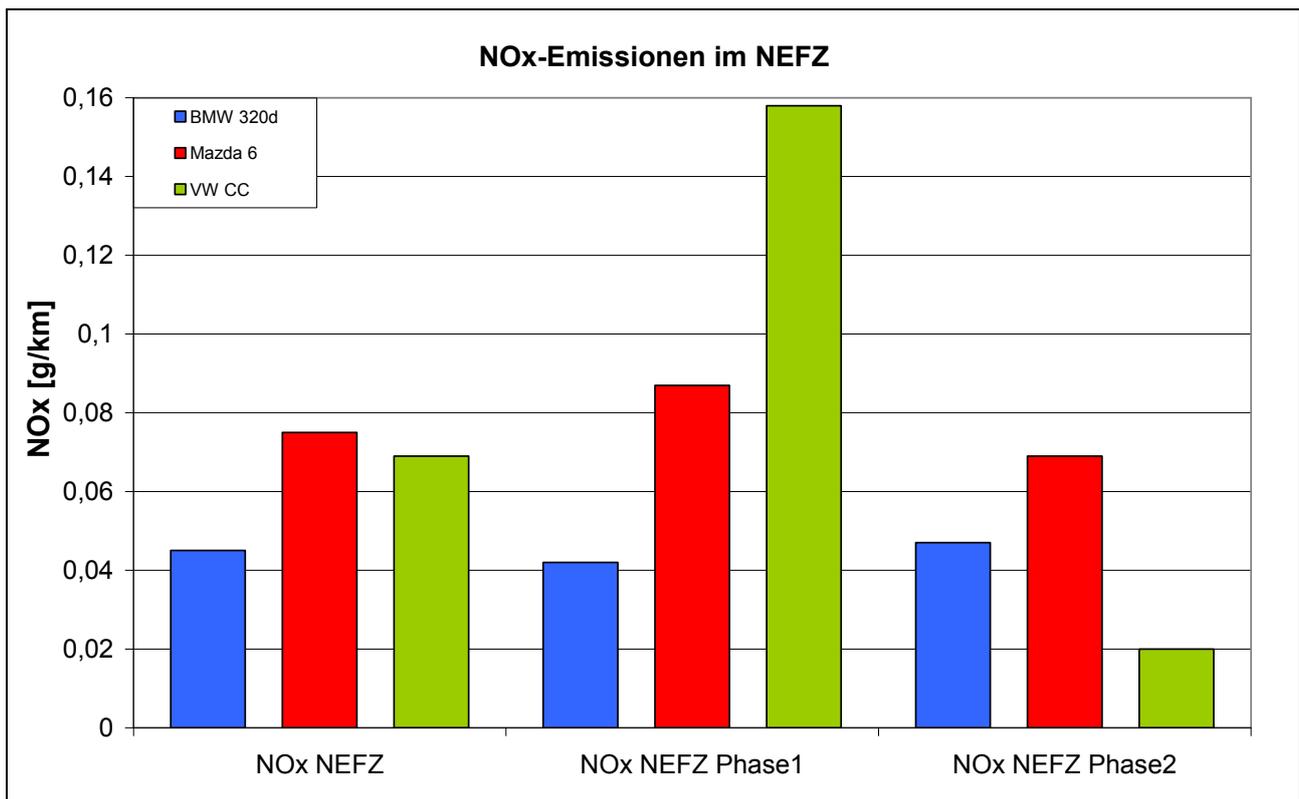


Abbildung 5-23: NO_x-Emissionen beim NEFZ

In der Abbildung 5-24 sind die NO₂-Emissionen der NEFZ-Messungen dargestellt. Auch hier werden die Aussagen der vorherigen Messergebnisse bekräftigt. Der VW CC hat durchgehend die größten Emissionen und der BMW und Mazda sind bis auf die Emissionen in der

Phase 2 auf fast gleichem Level. Insgesamt bewegen sich die NO₂-Emissionen aber auf einem sehr niedrigen Niveau. Die höchste Emission hat der VW CC in der Phase 1. Diese liegt bei gerade 0,016 g/km.

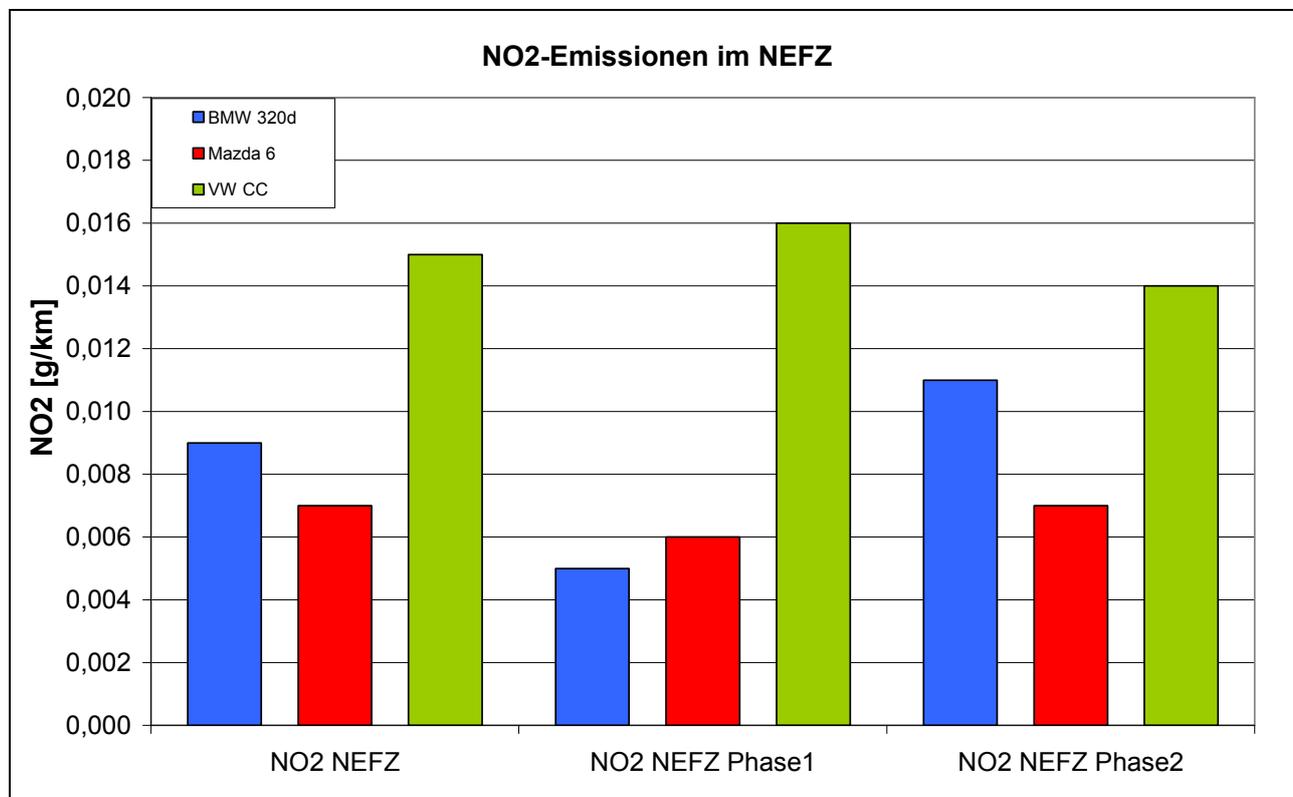


Abbildung 5-24: NO₂-Emissionen beim NEFZ

In der Tabelle 5-3 sind zur besseren Übersicht die einzelnen Ergebnisse der NO_x- und NO₂-Emissionen aus den NEFZ-Messungen aufgelistet.

Tabelle 5-3: NO_x- und NO₂-Emissionen beim NEFZ

Fahrzeug	NEFZ			NEFZ Phase 1			NEFZ Phase 2		
	NO _x [g/km]	NO ₂ [g/km]	Verhältnis NO ₂ /NO _x	NO _x [g/km]	NO ₂ [g/km]	Verhältnis NO ₂ /NO _x	NO _x [g/km]	NO ₂ [g/km]	Verhältnis NO ₂ /NO _x
BMW 320d	0,045	0,009	20,00%	0,042	0,005	11,90%	0,047	0,011	23,40%
Mazda 6	0,075	0,007	9,33%	0,087	0,006	6,90%	0,069	0,007	10,14%
VW CC	0,069	0,015	21,74%	0,158	0,016	10,13%	0,020	0,014	70,00%

6. Zusammenfassung

Bei allen drei Fahrzeugen und allen Messungen mit Kalt- und Heißstart ist ein ähnlicher Trend zu erkennen und zwar, dass bei steigender Geschwindigkeit die NO_x-Emissionen bis 50 km/h fallen. Bei 60 km/h ist wieder ein leichter Anstieg zu beobachten. Besonders bei der Geschwindigkeit von 30 km/h sind die Emissionen bis zu dem Faktor zehn höher als bei 50 km/h.

Dieses Verhalten hat sich bereits auch bei vorherigen Abgasemissionsmessungen mit Euro 4-Fahrzeugen gezeigt. (vgl. „Vermessung des Abgasemissionsverhalten von zwei Pkw und einem Fahrzeug der Transporterklasse im realen Straßenbetrieb in Stuttgart mittels PEMS-Technologie, LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Mai 2011“)

Dennoch halten diese drei Fahrzeuge den NO_x-Euro 6 Grenzwert von 0,08 g NO_x/km im NEFZ-Zyklus ein.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Beschleunigung 0 – 30 km/h	2
Abbildung 2-2: Beschleunigung 0 – 40 km/h	2
Abbildung 2-3: Beschleunigung 0 – 50 km/h	3
Abbildung 2-4: Beschleunigung 0 – 60 km/h	3
Abbildung 2-5: Beispiel für Zyklus „Kaltstart 30 km/h konstant“	4
Abbildung 2-6: Verzögerungszyklus 80 – 50 – 40 – 30 km/h.....	5
Abbildung 4-1: BMW 320d Touring.....	8
Abbildung 4-2: Mazda 6 Kombi.....	9
Abbildung 4-3: VW CC.....	10
Abbildung 5-1: BMW 320d NO _x -Emissionen nach Kaltstart.....	11
Abbildung 5-2: BMW 320d NO ₂ -Emissionen nach Kaltstart.....	12
Abbildung 5-3: Mazda 6 NO _x -Emissionen nach Kaltstart.....	13
Abbildung 5-4: Mazda 6 NO ₂ -Emissionen nach Kaltstart.....	14
Abbildung 5-5: VW CC NO _x -Emissionen nach Kaltstart.....	15
Abbildung 5-6: VW CC NO ₂ -Emissionen nach Kaltstart	16
Abbildung 5-7: durchschnittliche NO- und NO ₂ -Emissionen nach Kaltstart	17
Abbildung 5-8: NO _x -Emissionen bei 30 km/h nach Kaltstart	18
Abbildung 5-9: NO _x -Emissionen bei 40 km/h nach Kaltstart	19
Abbildung 5-10: NO _x -Emissionen bei 50 km/h nach Kaltstart	19
Abbildung 5-11: NO _x -Emissionen bei 60 km/h nach Kaltstart	20
Abbildung 5-12: NO ₂ -Emissionen bei 30 km/h nach Kaltstart	20
Abbildung 5-13: NO ₂ -Emissionen bei 40 km/h nach Kaltstart	21
Abbildung 5-14: NO ₂ -Emissionen bei 50 km/h nach Kaltstart	21
Abbildung 5-15: NO ₂ -Emissionen bei 60 km/h nach Kaltstart	22
Abbildung 5-16: BMW 320d NO _x -Emissionen nach Heißstart	23
Abbildung 5-17: BMW 320d NO ₂ -Emissionen nach Heißstart	24
Abbildung 5-18: Mazda 6 NO _x -Emissionen nach Heißstart	25
Abbildung 5-19: Mazda 6 NO ₂ -Emissionen nach Heißstart	26
Abbildung 5-20: VW CC NO _x -Emissionen nach Heißstart	27
Abbildung 5-21: VW CC NO ₂ -Emissionen nach Heißstart	28
Abbildung 5-22: durchschnittliche NO- und NO ₂ -Emissionen nach Heißstart.....	29
Abbildung 5-23: NO _x -Emissionen beim NEFZ.....	30
Abbildung 5-24: NO ₂ -Emissionen beim NEFZ	31

Tabellenverzeichnis

Tabelle 4-1: BMW 320d Touring	8
Tabelle 4-2: Mazda 6 Kombi	9
Tabelle 4-3: VW CC	10
Tabelle 5-1: durchschnittliche NO _x - und NO ₂ -Emissionen bei Kaltstart T 200 – 550 s	18
Tabelle 5-2: durchschnittliche NO _x - und NO ₂ -Emissionen nach Heißstart	29
Tabelle 5-3: NO _x - und NO ₂ -Emissionen beim NEFZ	31

