

Beschreibung SB 12

Methode zur Ermittlung des Verbrauchs und der Schadstoffemissionen von PKWs am Prüfstand.

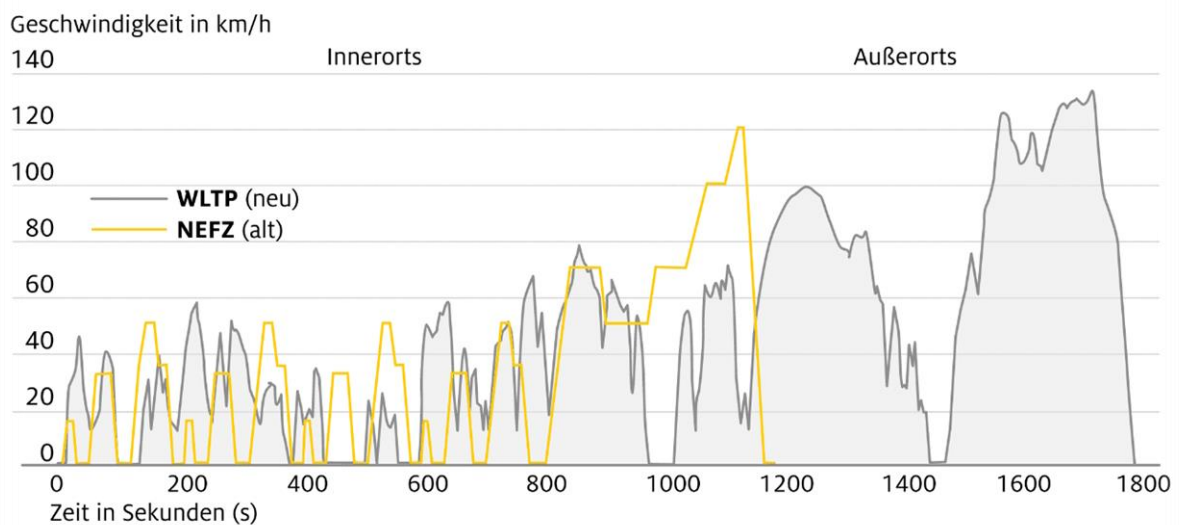
Stand der Technik:

Kraftstoffverbrauch und Emissionen von PKWs werden bisher mit Hilfe des NEFZ (Neuer Europäischer Fahrzyklus) am Prüfstand ermittelt. Dieser Zyklus hat den Nachteil, dass die mit ihm gemessenen Werte teilweise bis zu 40 Prozent unter den Werten der täglichen Fahrpraxis auf der Straße liegen. Deshalb wurde der NEFZ durch einen Zyklus ersetzt, der realistischere Werte liefern soll. Dieser Zyklus nennt sich WLTP - Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure. Dieser Test liefert höhere Werte als der NEFZ, denn er arbeitet mit wesentlich mehr Brems- und Beschleunigungsphasen und einer höheren Durchschnittsgeschwindigkeit. Leider hat auch der WLTP mit dem realen Geschehen auf der Straße so wenig zu tun wie der NEFZ.

Nachteil:

Bei allen bisher bekannten Verbrauchszyklen wird eine mehr oder weniger stark oszillierende Geschwindigkeitskurve vorgegeben und vom Testobjekt nachgefahren.

NEFZ und WLTP im Vergleich



©ADAC e.V. 01.2021

Das Verkehrsgeschehen auf den Straßen wird von dieser Methode nur unvollkommen wiedergegeben, denn dort handelt es sich die meiste Zeit um Kolonnenverkehr. Nur selten sind die Straßen so frei, dass man seine eigene Wunschgeschwindigkeit realisieren kann, ohne auf andere Verkehrsteilnehmer Rücksicht nehmen zu müssen. Das bedeutet, dass man die überwiegende Zeit nicht geschwindigkeitsorientiert fährt sondern abstandsorientiert. Die geschwindigkeitsorientierten Zyklen tragen diesem Umstand nicht Rechnung, sondern es sind Beschleunigungen, Konstantfahrten und Verzögerungen in ganz engen Grenzen vorgegeben. Der Nachteil dabei ist, dass kundenwertige, kraftstoffsparende Methoden wie z.B. Segeln, Zylinderabschaltung und Rekuperation nicht oder nur

sehr begrenzt anwendbar sind, und deshalb in der Entwicklung der Fahrzeugantriebe nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Aufgabe der Erfindung:

Ziel der Erfindung ist es, eine Fahrweise auf dem Prüfstand zu realisieren, die der Fahrweise im öffentlichen Verkehr besser entspricht, und bei der Maßnahmen wie Segeln, Zylinderabschaltung und Rekuperation sich ebenso positiv auf den Verbrauch auswirken wie in der Praxis. Ermöglicht wird dies durch einen Test bei dem nicht wie bisher die Geschwindigkeit vorgegeben wird, sondern der Abstand zu einem vorausfahrenden, virtuellen Fahrzeug.

Beschreibung:

Das zu prüfende Fahrzeug fährt einem virtuellen vorausfahrenden Fahrzeug (genannt Leitfahrzeug) hinterher. Das Leitfahrzeug fährt ein bekanntes Geschwindigkeitsprofil ab, beispielsweise nach den Vorgaben des WLTP. Der Fahrer des Prüffahrzeugs versucht nun, dem Leitfahrzeug in einem gewissen vorgegebenen Abstandsbereich zu folgen. Um diese Aufgabe wahrnehmen zu können, benötigt der Testfahrer eine optische Anzeige über einen oder mehrere beeinflussbare Parameter. Diese Parameter sind die räumliche Distanz zum Leitfahrzeug, der zeitliche Abstand oder die Geschwindigkeit.

Die Schwierigkeit bei der Ausführung dieser Messmethode besteht darin, dass die Vorgabewerte nicht über einen längeren Zeitraum im Vorhinein bekannt sind. Sie hängen von der momentanen Gesamtsituation ab und müssen erst in Echtzeit generiert werden, bevor sie dem Fahrer zur Verfügung stehen. Allenfalls kann man eine Prognose für die nächsten Sekunden erstellen, um ihn bei seiner Aufgabe zu unterstützen. Auch muss man dem Fahrer einen wesentlich größeren Korridor zur Verfügung stellen, als das bei den bisherigen Zyklen der Fall ist. Im Gegenzug ermöglicht dieser größere Korridor dem Fahrer des Prüffahrzeugs einen deutlich größeren Handlungsspielraum, und demzufolge können die Ergebnisse je nach Routine und Können des Fahrers beträchtlich streuen.

Betrachtung der verschiedenen Vorgaben:

Um den richtigen Abstand zum virtuellen Leitfahrzeug einhalten zu können, benötigt der Fahrer eine Visualisierung mindestens einer der drei Größen Geschwindigkeit, Distanz und zeitlicher Abstand zum Leitfahrzeug.

Geschwindigkeit:

Im einfachsten Fall kann man dem Fahrer einen Soll-Geschwindigkeitsverlauf vorgeben. Die Schwierigkeit besteht darin, dass unvermeidbare Abweichungen vom Sollwert eine Veränderung des weiteren Sollwertverlaufs bewirken. Das liegt daran, dass der Fahrer zwar die Geschwindigkeit regelt, über die Geschwindigkeit aber den Abstand zum Leitfahrzeug einstellt. Man kann den Geschwindigkeitskorridor und einen Sollwertverlauf wie gewohnt auf dem Bildschirm darstellen, allerdings können sich diese Vorgaben über dem Verlauf des Testprogramms erheblich ändern. Das kann soweit führen, dass es im Bemühen um die Einhaltung der Abstandsgrenzen zu starken Schwankungen der Geschwindigkeit kommt. Das ist nicht im Interesse eines reprozierbaren Testergebnisses.

Distanz zum Leitfahrzeug:

In einem Fahrsimulator kann man das virtuelle Leitfahrzeug in Echtzeit darstellen. Es ist allerdings schwierig wenn nicht gar unmöglich für den Fahrer des Prüffahrzeugs, eine vorgegebene Distanz einzuhalten, wenn die einzige Information in der Rückansicht des vorausfahrenden Fahrzeugs auf einem Bildschirm besteht. Um nicht auf Schätzung des Abstands angewiesen zu sein, benötigt der Fahrer eine Zusatzinformation in Form des konkreten Abstandswertes mit Angabe des zulässigen Bereiches und des Sollwertes. Der Abstand kann z.B. ähnlich wie die Geschwindigkeitsvorgabe bei den bisherigen Testverfahren auf einem Bildschirm dargestellt werden. Den Istwert markiert dann ein Punkt innerhalb des zulässigen Korridors.

Zeitlicher Abstand zum Leitfahrzeug:

Die geeignetste Information für den Fahrer des Folgefahrzeugs zur Einhaltung der Abstandsgrenzen scheint der zeitliche Abstand zu sein. Dieser wird als Korridor auf einem Bildschirm visualisiert, mit dem Istwert als Punkt zwischen den beiden Leitplanken. Diese Leitplanken können z.B. drei Sekunden für den Mindestabstand und fünf Sekunden für den Maximalabstand sein. Der Fahrer kann jederzeit sehen, in welche Richtung sich sein Abstand bewegt. Gerät er zu nahe an die Maximallinie, muss er mehr Gas geben. Nähert er sich der Minimalgrenze, muss er vom Gas gehen, notfalls sogar bremsen, wenn die Verzögerung durch das Motorschleppmoment oder ein Rekuperationselement nicht ausreichen.

Ersatz des Menschen durch einen virtuellen Fahrer:

Die Freiheitsgrade des Fahrers bei dieser Art von Verbrauchsmessung sind erheblich größer als beim Geschwindigkeitsnachfahrttest. Bereits dort aber treten je nach Geschick des Fahrers beträchtliche Unterschiede auf. Bei der Durchführung des vorgeschlagenen Verfahrens wird es zu noch größeren, nicht beherrschbaren Unterschieden im Verbrauch und den Emissionen kommen. Um den menschlichen Faktor auszuschalten bietet es sich an, den Fahrer durch ein Programm zu ersetzen, einen virtuellen Fahrer. Nur der virtuelle Fahrer liefert reproduzierbare und damit belastbare Werte. Der Verbrauch, den der virtuelle Fahrer erzeugt, hängt neben den Gegebenheiten des untersuchten Fahrzeugs auch stark vom Geschick der Programmierer ab. Es empfiehlt sich, den Test mit zwei unterschiedlichen Programmen durchzuführen.

1. Test, bei dem möglichst exakt ein ganz bestimmter Abstand eingehalten wird, z.B. drei Sekunden. Dieser Test liefert den Worst Case, weil er fast keinen Spielraum für kraftstoffsparende Segelphasen u. ä. zulässt. Im Prinzip entspricht der Test dem heutigen Geschwindigkeits-Nachfahrzyklus. Ersatzweise könnte man an dieser Stelle direkt das Ergebnis des WLTP oder des in Zukunft vorgesehenen Tests verwenden.
2. Test mit verbrauchsoptimiertem Programm. Das verbrauchsoptimierte Programm nutzt unter Anwendung aller verbrauchsmindernden Möglichkeiten den gesamten Spielraum des Abstandskorridors aus. Z.B. versucht es, beim Beschleunigen den Motor im Bereich bestmöglichen Wirkungsgrades zu betreiben, es schaltet um auf Segeln, Zylinderabschaltung und Rekuperation, sobald es der zeitliche Abstand zulässt. Dabei kann es durchaus den zukünftigen Geschwindigkeitsverlauf des Führungsfahrzeugs in seine Längsdynamikberechnung miteinbeziehen. Diese Vorgehensweise soll dem Verhalten eines sehr vorausschauenden Fahrers in der Praxis nahekommen. Das verbrauchsoptimierte Programm liefert somit den Best Case.

Das Spektrum der Fahrer im öffentlichen Straßenverkehr wird sich größtenteils zwischen den beiden Extremen aufhalten. Als endgültiger Wert für Verbrauch und Emissionen empfiehlt sich deshalb ein Wert zwischen Best Case und Worst Case.

Ein Problem bei der Durchführung von Test Nr. 2, dem Best Case, könnte sich bei Fahrzeugen mit manuellem Schaltgetriebe ergeben. Alle anderen Funktionen der Längsdynamik sind über Motor-, Rekuperations- und ESP-Schnittstellen problemlos umsetzbar. Die Lösung könnte in einer manuellen Bedienung der Kupplung und des Getriebes bestehen, wobei der Fahrer durch ein optisches oder akustisches Signal zum Schalten aufgefordert wird.

Vorgabegeschwindigkeit durch KI generiert:

Um eine wie auch immer geartete Einflussnahme des Programmierers bei der Erstellung des Fahrprofils, oder des Prüfstandsfahrers durch Lerneffekte weitgehend auszuschließen, kann man den Zyklus durch eine KI erstellen lassen. Basis dafür ist ein Trainingsprogramm, das beliebig viele reale Fahrkollektive beinhaltet. Das Ergebnis ist eine Geschwindigkeitsvorgabe des Führungsfahrzeuges, die immer wieder anders aussieht, aber in jedem einzelnen Fall die Vorgaben aus der Praxis abbildet.

Vorteile des Abstandsprüfprogramms:

1. Die Prüfstandswerte kommen unter praxisnahen Bedingungen zustande.
2. Verbrauchssenkende Maßnahmen wie Segeln, Zylinderabschaltung und Rekuperation wirken sich deutlich auf den Verbrauch aus.
3. Anstrengungen der Hersteller zur Verbrauchssenkung werden belohnt.
4. Fahrprogramme zur Verbrauchsabsenkung sind im Prüfprogramm integriert.
5. Das Prüfprogramm berücksichtigt bereits das autonome Fahren.