



FITT GMBH - INSTITUT FÜR TECHNOLOGIETRANFER AN DER HTW

Fahrversuch zum Ventilverschleiß im Autogasbetrieb

Verschleißbetrachtung an einem Toyota Corolla Verso und Überprüfung des V-Lube Valve Saver Kit

Untersuchungsbericht

Volker Witte

25.07.2011

Kapitel 2.3 am 18.04.2013 ergänzt



Inhalt

1. Einleitung	3
1.2 Aufgabenstellung	3
1.2 Ergebnis	4
2. Fahrversuch	5
2.1 Verschleißreferenz	5
2.2 Additivzugabe	6
2.3 Langzeit Verifizierung 100.000km	8
3. Versuchsdokumentation	9
3.1 Messverfahren	9
3.2 Tankhistorie	10

1. Einleitung

1.2 Aufgabenstellung

In einem Versuchsfahrzeug vom Typ Toyota Corolla Verso wurde ein alternatives Kraftstoffsystem nachgerüstet, das den Betrieb mit Flüssiggas ermöglicht. Es wurde ein Verdampfersystem vom Typ Prins VSI mit einem Additivdosiersystem von der Firma V-Lube installiert.

Im Gasbetrieb entstehen andere Belastungen für die Ladungswechselventile, die im Wesentlichen auf die Unterschiede im Brennverhalten der Kraftstoffe zurückzuführen sind. Im Fahrzeug kommt ein 1,8 Liter Otto Motor aus der VVT-i Baureihe zum Einsatz. Dieser Motor eignet sich besonders für diese Untersuchung, da im Benzin-Betrieb keine besonderen Schwächen des Ventiltriebes bekannt sind, aber der Gasbetrieb zum Ventileinschlag führt.

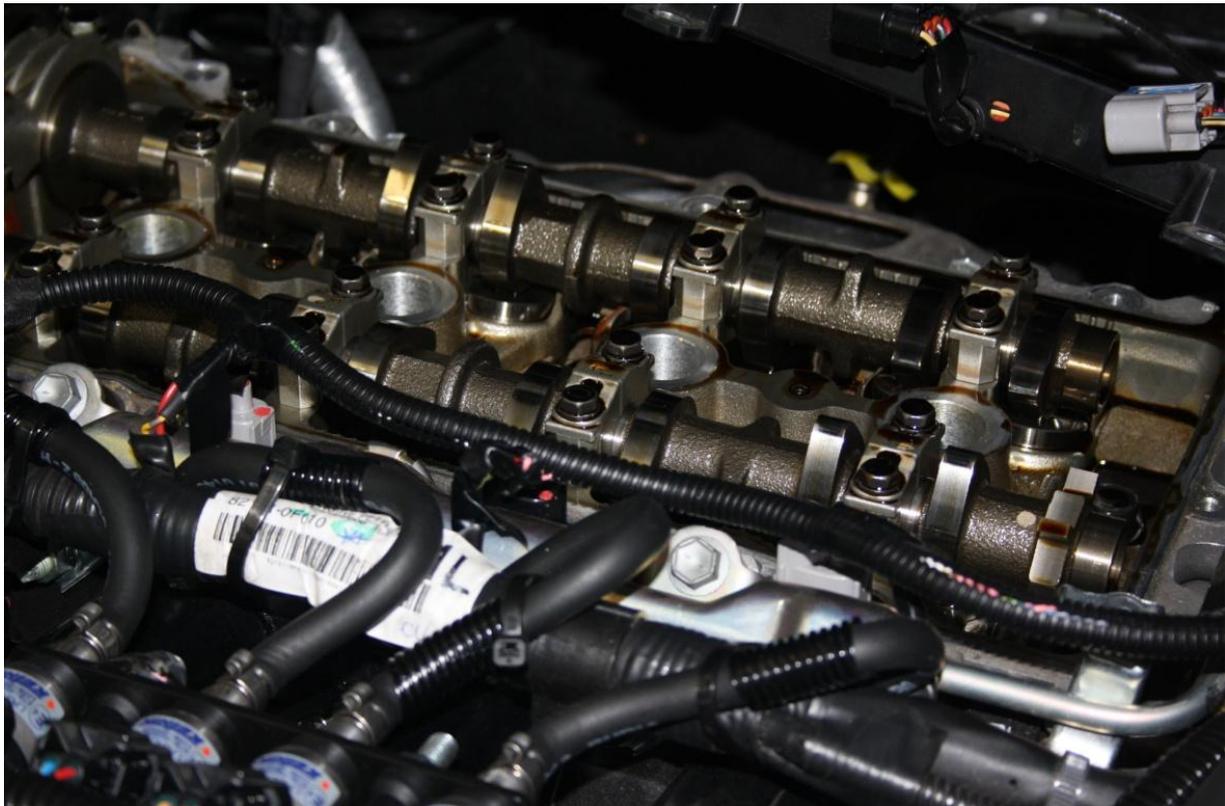


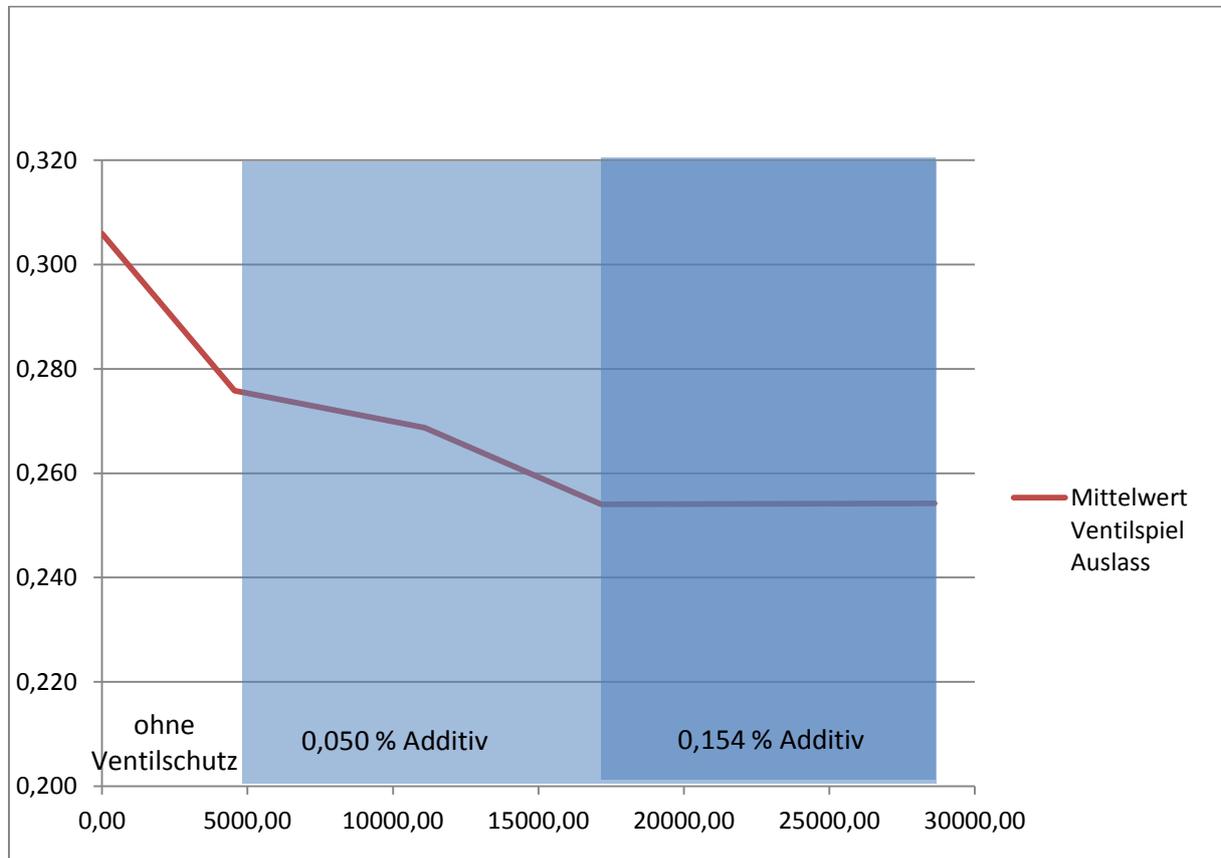
ABBILDUNG 1: VENTILTRIEB DES VERSUCHSFahrZEUGES

Um das Verschleißverhalten im Gasbetrieb zu bewerten, wurden ca. 5000km im reinen Gasbetrieb gefahren und der Ventilverschleiß wurde über die Änderung des Ventilspieles bestimmt.

Um die Verschleißreduktion durch das Additivsystem zu bewerten wurden je 10000km mit verschiedenen Einstellungen gefahren. Auch hier wurde der Verschleiß über die Ventilspieländerung erfasst.

1.2 Ergebnis

Im ersten Versuchsabschnitt, der Referenzmessung, konnte ein Auslassverschleiß eindeutig nachgewiesen werden. Die Messmittelfähigkeit ist ausreichend, um den Verschleiß von 30µm gegenüber einem möglichen Messrauschen zu differenzieren. Am Einlass konnte kein Verschleiß nachgewiesen werden.



Auch bei halber Dosierung wird der Verschleiß auf ca. 30% des Referenzwertes reduziert und würde die Ventilstandzeiten signifikant erhöhen.

In der darauffolgenden 10.000 km Messung bei voller Dosierung konnte kein Verschleiß nachgewiesen werden und die Wirksamkeit des Produktes ist bestätigt.

2. Fahrversuch

2.1 Verschleißreferenz

Zum Bestimmen des Ventilverschleißes des eingesetzten Motors im Autogasbetrieb wurde Dosiersystem deaktiviert. Der Fahrversuch wurde mit dieser Referenzmessung begonnen, um jeglichen Additiveinfluss auszuschließen.

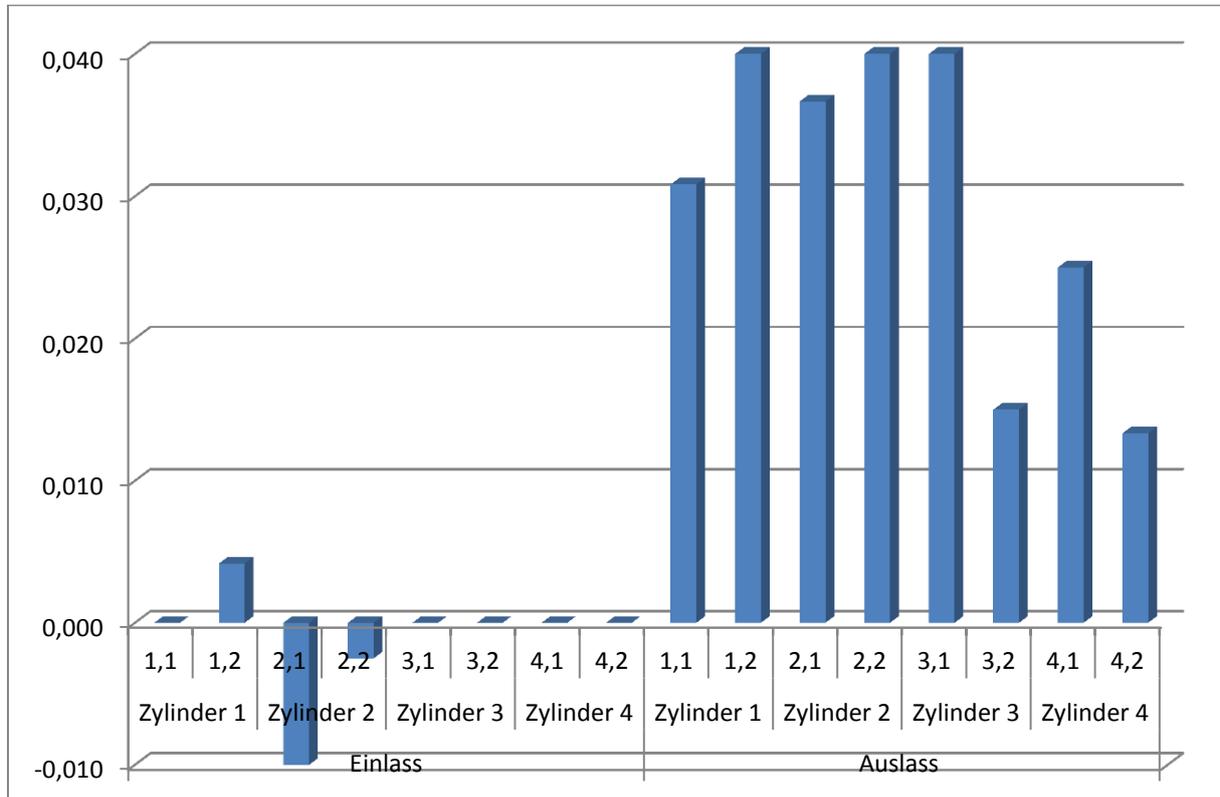


ABBILDUNG 2: ALLE VENTILVERSCHLEIß IN REINEN LPG-BETRIEB

In der Praxis sind diese unterschiedlichen Werte als Hinweis auf ein progressives Verschleißverhalten plausibel. Theoretisch betrachtet ebenfalls, da die Verarbeitungsqualität der Dichtfläche und die Veränderung der Ventilsteuerung durch geringes Spiel zu einem fortschreitenden Verschleißverhalten führen.

Auf der Einlassseite war an den Ventilen kein Verschleiß zu beobachten, was darauf hindeutet, dass die Einlassventile im Vergleich zu den Auslassventilen als unkritischer zu betrachten sind.

Für diese Referenzmessung wurden 4554km gefahren und an den Auslassventilen ergab sich im Mittelwert ein Verschleiß von 30µm. Rechnerisch ergibt sich so ein Wert von 6,6 µm pro 1000km.

2.2 Additivzugabe

Zunächst wurde eine Einstellung gewählt bei der ungefähr die halbe Dosierung der Herstellerempfehlung erreicht wird.

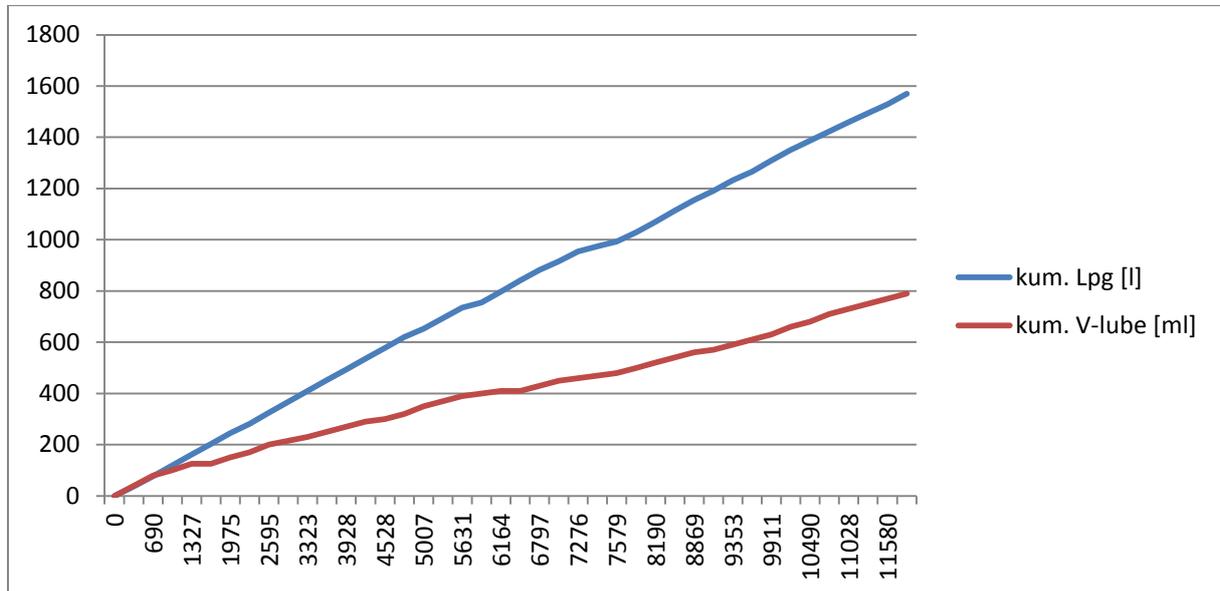


ABBILDUNG 3: DOSIERUNG / KOMMULIERTER VERBRAUCH

Nach Versuchskilometer 12000 wurde die Dosierung erhöht, um sicher die Herstellerangabe zu erreichen. Beim Vergleich LPG zu additivverbrauch ergibt sich folgendes Bild.

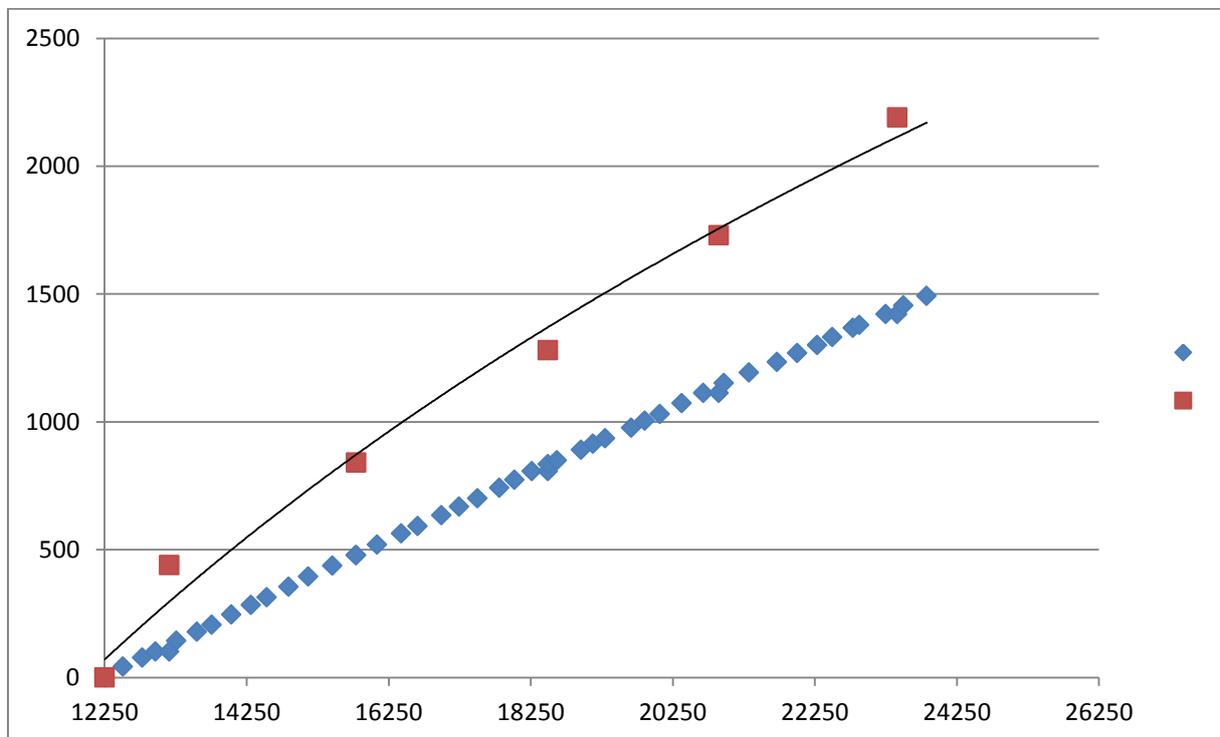


ABBILDUNG 4: DOSIERUNG / KUMULIERTER VERBRAUCH NACH HERSTELLER MINDESTANGABE

In der folgenden Grafik ist Ventilspielverlauf an Ein- und Auslass dargestellt. Die erste Säule gibt den Verschleiß während der unadditivierten Referenzmessung wieder und bei den beiden weiteren Säulen wird die Verschleißrate der getesteten Dosierungen dargestellt.

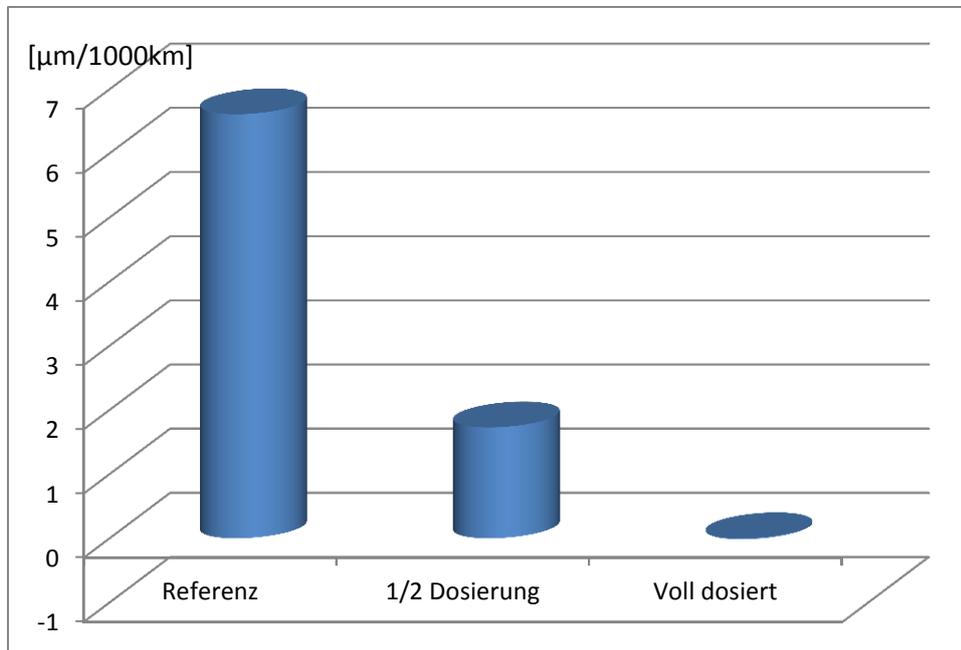


ABBILDUNG 5: VERSCHLEIßRATEN NACH DOSIERUNG

Stellt man nun die Verschleißraten für am Auslass der ersten beiden Versuchsphasen gegenüber, zeigt sich ein signifikanter Effekt an den Auslassventilen, der einer Verschleißreduktion auf ca. 1/3 entspricht und somit die Standzeiten der Ventil ungefähr verdreifachen würde.

Bei der vollen Dosierung war im Rahmen der Messgenauigkeit kein Verschleiß nachweisbar. Aufgrund der Fähigkeit des angewandten Messverfahrens wäre ein Verschleiß größer ein Zehntel des Referenzverschleißes sicher erkennbar. Damit lässt sich die Aussage treffen, dass der korrekt dosierte Ventilschutz die Standzeiten der Ventile ausreichend verlängert, so dass sie das volle Fahrzeugleben überdauern.

2.3 Langzeit Verifizierung 100.000km

Nach Abschluss der eigentlichen Produktprüfung wurde das Fahrzeug weiter mit Flüssiggas und dem V-Lube™ Additiv betrieben und so war es möglich eine abschließende Langzeit Verifizierung durchzuführen.

Diese Messung nach einer Gesamtlaufzeit auf LPG von ca. 105.000km zeigt im Mittel einen leichten Anstieg des Ventilspiels von etwa 5 μm , und somit innerhalb der Messstreuung (s. Kapitel 3) des verwendeten Messverfahren liegt und als tolerierter Messfehler zu bewerten ist.

Ganz eindeutig zeigt dieses Ergebnis, dass durch die Verwendung von V-Lube™ den Verschleiß signifikant reduziert hat. Beim unadditiviertem LPG-Betrieb wäre das Fahrzeug voraussichtlich bei Versuchs-Kilometer 20.000 wegen Kompressionsverlust ausgefallen.

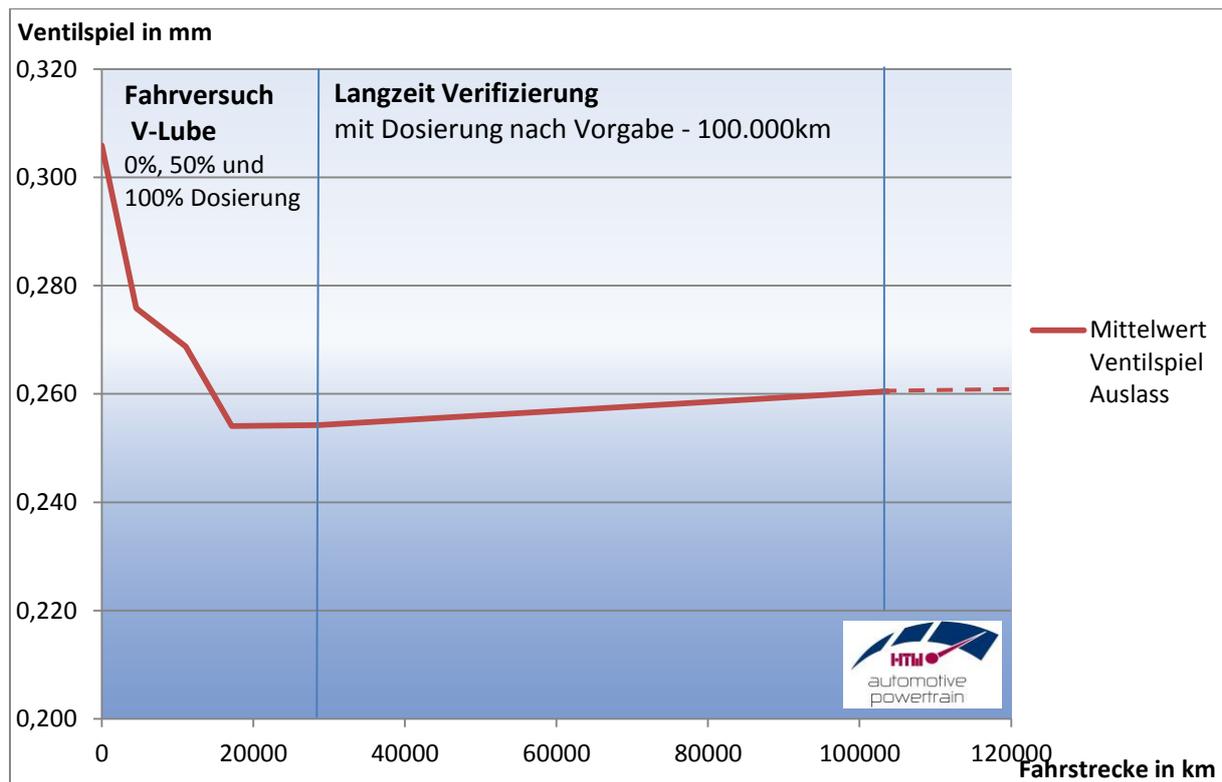


ABBILDUNG 6: LANGZEIT VERIFIZIERUNG

Wie Abbildung 6 zeigt lässt sich kein Verschleiß bei der Dosierung nach Herstellervorgabe nachweisen, obwohl das Fahrzeug auch im Benzinbetrieb Verschleiß aufweist. Laut Fahrzeughersteller ist das Ventilspiel alle 60.000km zu prüfen.

3. Versuchsdocumentation

3.1 Messverfahren

Das Ventilspiel wurde mit einer Fühlerlehre bestimmt, deren Lehrenblätter in 20µm- Abstufung ausgeführt sind. Um den subjektiven Einfluss zu minimieren wurden die Messungen durch drei Prüfer durchgeführt.

Betrachtet man die Abweichungen der Prüfer zum jeweiligen Mittelwert, kann man aus dem Streuverhalten auf die Fähigkeit des Messverfahrens schließen. Diese Abweichungen kann aus jeder Messung aus dem Gesamtversuch extrahieren, um eine ausreichend große Datenmenge zu erhalten. In der folgenden Grafik sind die Abweichungen zum Mittelwert aus sämtlichen Messungen als Häufigkeit dargestellt.

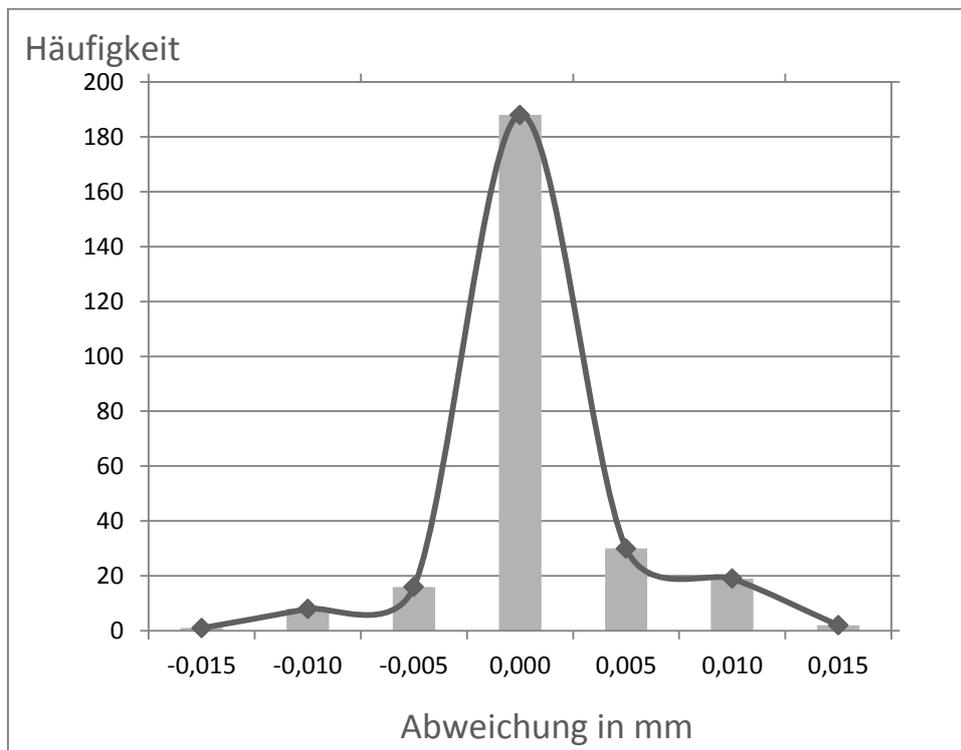


ABBILDUNG 7: HÄUFIGKEITSVERTEILUNG DER MESSABWEICHUNGEN

Die Verteilung entspricht einer klassischen Normalverteilung und lässt daraus abgeleitete statistische Grundannahmen zu. In den Wendepunkten neben dem Mittelwert μ (Gipfelpunkt der Glockenkurve) liegen die Sigmas σ . In diesem Fall ergibt sich ein rechnerisches Sigma von 0,0025mm bzw. 2,5µm.

Aus dem Sigma-Wert wird im Qualitätswesen die Messmittelfähigkeit abgeleitet. In dieser Anwendung wird aus Sigma die Fähigkeit des Gesamtmesssystemes (inkl. Prüfer) bestimmt, innerhalb des Fehlerbandes von 10µm zu bleiben. Anhand der Tabelle der Normalverteilungen und den oben dargestellten Daten ergibt sich eine Wahrscheinlichkeit von 95,4 %, dass das Messergebnis eines Prüfers innerhalb des 10µm-Fehlerbandes liegt. Immerhin 68,4% der Messungen liegen innerhalb des 5µm-Bandes.

3.2 Tankhistorie

Die durchschnittlichen Kraftstoffverbräuche sind ein geeignetes Mittel um auf die Fahrweise des Testfahrers zurückzuschließen.

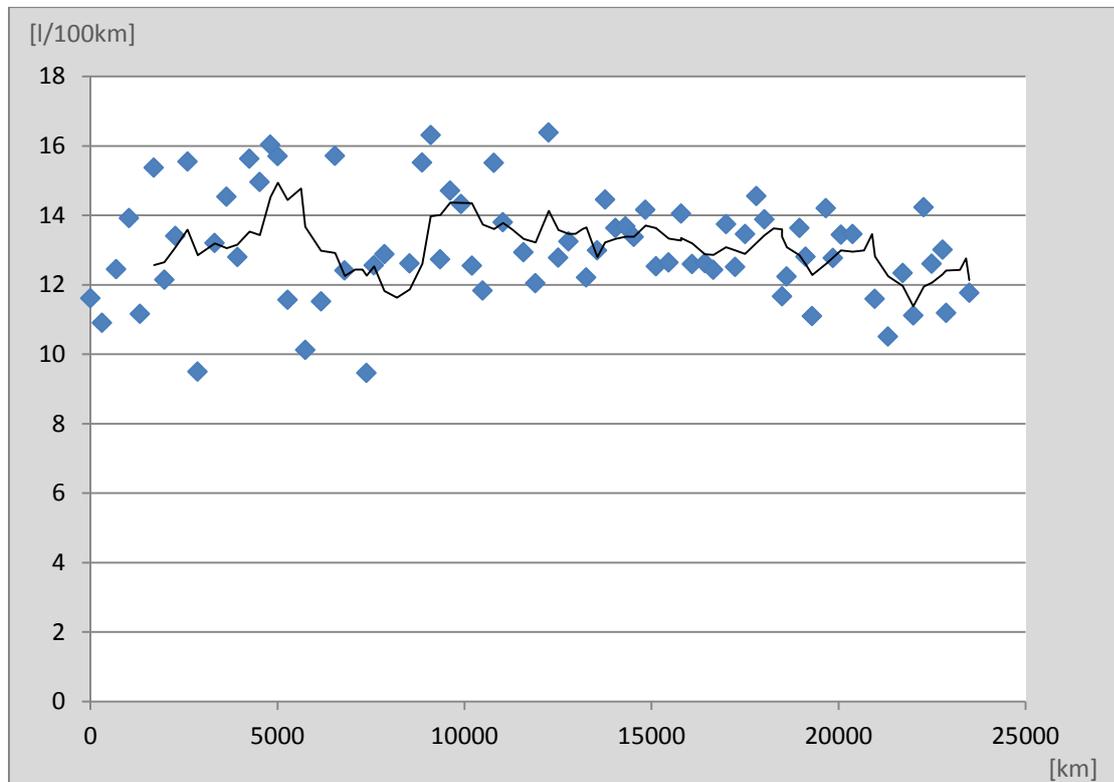


ABBILDUNG 8: GASVERBRAUCH PRO 100KM

Bei dem vorliegenden Fahrversuch wurde das Fahrzeug im Taxibetrieb gefahren. Es wurde i.d.R. von dem gleichen Fahrer gefahren der auch Eigentümer des Fahrzeuges ist genutzt. Man kann also davon ausgehen, dass das Fahrzeug immer in vergleichbarer Weise betrieben wurde.

Die Schwankungen in Abbildung 7 sind eher durch lange Standzeiten bei laufendem Motor als durch oder unterschiedliche Fahrstrecken zu erklären.