

Downsizing-Motoren und Lebensdauer. Eine technische Einordnung

In den letzten Jahrzehnten hat sich das Motorendesign im PKW-Bereich deutlich verändert. Anstelle großvolumiger Motoren werden zunehmend kleinvolumige, aufgeladene Motoren eingesetzt. Dieses Konzept wird als *Downsizing* bezeichnet, bei welchem neben dem Hubraum auch die Anzahl der Zylinder reduziert wird. Heute ersetzt ein 1-Liter-Dreizylinder-Turbomotor einen früher üblichen Saugmotor mit 1,8 bis 2,5 Liter Hubraum und vier Zylindern.

Um bei geringerem Hubraum eine vergleichbare Leistung zu erreichen ist eine Turboaufladung nötig. Dies führt regelmäßig zu höheren Zylinderdrücken und damit zu größeren Kräften sowie zu einer höheren thermischen Belastung. Höhere Kolbenbodentemperaturen und eine stärkere Beanspruchung der Kolbenringe, der Lager und des Kühlsystems sind die Folge. Technisch ist festzustellen: Je höher die spezifische Leistung – kW pro Liter Hubraum – desto höher ist die Bauteilbeanspruchung.

Auch der Turbolader selbst ist ein hochbelastetes Aggregat mit Drehzahlen über 200.000 U/min und Abgastemperaturen bis knapp unter 1.000 °C. Ölqualität und Ölwechselintervalle wirken sich auf die Lebensdauer stärker aus als bei großvolumigen Motoren früherer Bauart.

Die ersten Generationen von Downsizing-Motoren, etwa von 2008 bis 2015, zeigten bei einigen Modellvarianten Schadensbilder wie Steuerkettenlängung, erhöhten Ölverbrauch, Verkokung von Kolbenringen, Low Speed Pre-Ignition (LSPI) und Turboladerschäden. Seither wurden die Motoren weiterentwickelt, unter anderem durch verbesserte Kolbenbeschichtungen, optimierte Ringpakete und angepasste Kühlstrategien. Zur Vermeidung von LSPI – einer Vorentflammung bei niedriger Drehzahl und hoher Last – wurden überdies neue Ölspezifikationen eingeführt.^{FN 1}

Lebensdauerbetrachtung

Seinerzeit wurde von einem neuen großvolumigen Motor eine Laufleistung von **250.000** bis **350.000** km ohne grundlegende Motoreingriffe erwartet.^{FN 2)} Moderne 1 bis 1,2-Liter-Turbomotoren erreichen bei ordnungsgemäßer Wartung Laufleistungen von **200.000** bis **250.000** km und mehr. Eine modellübergreifende typische Laufleistung lässt sich jedoch nicht verlässlich angeben.

Entscheidend ist auch, dass die Lebensdauer stärker streuen kann. Hochleistungskleinmotoren reagieren empfindlicher auf verspätete Ölwechsel, minderwertige Schmierstoffe und überwiegenden Kurzstreckenbetrieb.

Statistische Betrachtung mittels Weibull-Verteilung

Statistisch wird der Verlauf der Ausfallrate von Pkws häufig als Badewannenkurve beschrieben. (a) Frühe Ausfälle bei konstruktiven oder fertigungstechnischen Schwächen, (b) eine stabile Nutzungsphase und (c) eine mit zunehmendem Verschleiß ansteigende Ausfallrate. Die einzelnen Phasen können mittels Weibull-Verteilungen modelliert werden. Voraussetzung hierfür ist jedoch eine hinreichende Zahl verlässlicher Felddaten.

Technisches Fazit

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass Downsizing die spezifische Bauteilbelastung erhöht. Die Lebensdauer von Downsizing-Motoren ist stärker wartungs- und nutzungsabhängig. Ein moderner 1-Liter-Turbomotor toleriert technische Vernachlässigung und Störungen in der Schmierstoffversorgung weniger als ein großvolumiger Motor früherer Bauart.

Unter Berücksichtigung der erhöhten Belastung und der zusätzlichen Systemkomplexität durch Turboaufladung ist es technisch plausibel, dass Downsizing-Motoren eine geringere statistische Lebensdauer oder eine größere Streuung der Lebensdauer aufweisen können als frühere großvolumige Sauger vergleichbarer Leistungsabgabe.

Eine absolute, modellübergreifende Pauschalfeststellung ist jedoch mangels öffentlich zugänglicher Langzeit-Seriendaten nicht möglich. Die erwartbare Laufleistung muss daher im Einzelfall sachverständig beurteilt werden.

FN 1) Motorölspezifikationen definieren, welche Anforderungen des jeweiligen Motors zu erfüllen sind. Sie legen fest, welche konkreten Eigenschaften ein Öl erfüllen muss, von Viskositätsverhalten bei verschiedenen Temperaturen bis hin zur Schutzwirkung gegen Verschleiß, Ablagerungen und Oxidation. Diese Spezifikationen werden von Industrieorganisationen wie API, ACEA u SAE, sowie von Fahrzeugherstellern selbst herausgegeben.

FN 2) Fürbeth, Lebensdauer und Gesamtfahrleistung von PKW – erwartet, berechnet und im Feld, VKU 2018, 146.